FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS

"PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE ENERGÍA BAJO LA NORMA ISO 50001, PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS EN TALLER DE MANTENIMIENTO MECÁNICO DE UNA EMPRESA MINERA"

Trabajo de Investigación presentado para optar por el grado de Bachiller en Administración

con mención en Dirección de Empresas que presenta:

Howk Prinsely Rios Gálvez

Asesor: Fidel Amésquita Cubillas

Lima – Perú

Marzo de 2019

INDICE

RESUMEN……6
INTRODUCCIÓN……8

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ……9
1.1 Descripción de la realidad problemática ……9
1.2 Formulación del problema ……13
1.2.1 Problema general……13
1.2.2 Problema específico……13
1.3 Objetivos de la investigación……14
1.3.1 Objetivo general……14
1.3.2 Objetivos específicos……14
1.4 Hipótesis……14
1.5 Justificación de la investigación……14
1.6 Delimitación del estudio……15

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO……16
2.1. Antecedentes de la investigación ……16
2.2. Bases teóricas ……19
2.2.1. Gestión de la Energía……19
2.2.2. Iluminación……25
2.3. Contexto de la investigación……42

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA……42
3.1 Diseño de la investigación ……42
3.2 Metodología de implementación de la solución……43
3.3 Metodología para la medición de resultados de la implementación……44

CAPÍTULO IV: ENTORNO EMPRESARIAL……45
4.1 Descripción de la empresa……45
4.2 Mapa de procesos actual……45

CAPÍTULO V: DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN……46
5.1 Determinación y evaluación de alternativas de solución…….…….46
5.2 Propuesta de solución……...48
5.3 Medición de solución…….....50

CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN ECONOMICA FINANCIERA……..…….52
6.1 Evaluación económica-financiera del proyecto solución…….…….52
6.2 Evaluación de Costo/Beneficio…….55
6.3 Evaluación Financiera…….....55

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES……...…….56

CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES…….....57

CAPÍTULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS……...57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Criterios de evaluación en eficiencia energética en Sudamérica 12
Tabla 2 Eficiencia Energética en Sudamérica 13
Tabla 3 Nivel mínimo de iluminación (Lux) en áreas de trabajo 24
Tabla 4 Distribución del flujo luminoso 26
Tabla 5 Nivel de madurez de las organizaciones según su dimensión en EE 35
Tabla 6 Uso de materias primas y reservas 37
Tabla 7 Costo de iluminación convencional actual 44
Tabla 8 Costo anual de mantenimiento en el sistema de iluminación actual 48
Tabla 9 Consumo de energía en taller de mantenimiento año 2019 50
Tabla 10 Indicadores de desempeño energético por procesos 51
Tabla 11 Indicadores de costos por consumo de electricidad en taller de mantenimiento 51
Tabla 12 Costo total de inversión del proyecto 52
Tabla 13 ROI del proyecto 52
Tabla 14 Ahorro en consumo de energía año 2019 55
Tabla 15 Estados financieros 56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Modelos de Sistema de Gestión de energía ISO 50001 21
Figura 2 Medición del desempeño energético (indicadores) 22
Figura 3 Iluminación recomendada en áreas de trabajo 26
Figura 4 Clasificación de distribución luminosa 27
Figura 5 Partes de una lámpara incandescente 29
Figura 6 Ciclo del halógeno 29
Figura 7 Partes de una lámpara de vapor de sodio 30
Figura 8 Partes de una lámpara de vapor de mercurio 30
Figura 9 Partes de una lámpara fluorescente 31
Figura 10 Flujo luminoso de diferentes luminarias 32
Figura 11 Comparación aprovechamiento de lúmenes 33
Figura 12 Comparación de luxes entre luminaria convencional y una LED 33

Figura 13 Extracción de mineral a tajo abierto 46
Figura 14 Taller de mantenimiento 47
Figura 15 Vista de la iluminación en proceso de cambio del taller de mantenimiento 47

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Precio del petróleo 2013-2018 10
Gráfico 2 Proyección de emisiones de gases de efecto invernadero 2010-2030 del Perú 10
Gráfico 3 Consumo de energía en una organización después de implementar un SGE 17
Gráfico 4 Curvas de la demanda de metales a corto y largo plazo 36
Gráfico 5 Ciclo de la actividad minera metálica: inversión y producción 38
Gráfico 6 Precios del Cobre y Zinc en los últimos años 38
Gráfico 7 Inversión del sector minero a partir del 2016 39
Gráfico 8 Tarifas eléctricas sector industria y comercio en Latinoamérica 40
Gráfico 9 Evolución del parque de generación de energía eléctrica a nivel mundial 41
Gráfico 10 Costos de energía según el tipo de tecnología 41

RESUMEN

El presente trabajo de investigación muestra como la implementación de un sistema de gestión de energía bajo la norma ISO 50001 genera una reducción de costos en una empresa minera, tomando como referencia un proyecto realizado de “cambio de equipos de iluminación convencional por equipos con tecnología LED”.

Al efectuar dicho proyecto en la empresa minera, se usaron indicadores de gestión de energía, generando un beneficio económico, sostenible y confiable, haciendo seguimiento, entre otros, de los resultados de gestión en consumo y ahorro, así como las correcciones se deberían realizarse en los casos que fuesen necesarios.

Se planteó como prueba de ahorro en consumo de energía eléctrica, realizar una muestra cambiando el sistema de iluminación al taller de mantenimiento mecánico de los equipos de acarreo de minerales de una empresa minera, de iluminación convencional a equipos de iluminación de tecnología LED bajo la metodología de la norma ISO 50001.

De resultar positivos los indicadores ROI, el VAN y TIR, se podría dar viabilidad a la implementación del ISO 50001 sistema de gestión de energía en la empresa minera.

SUMMARY

This research work shows how the implementation of an Energy Management System under the ISO 50001 standard generates a cost reduction in a mining company, taking as a reference a project carried out of "conventional lighting equipment changes by LED technology equipment".

When carrying out this project in the mining company, energy management indicators were used, generating an economic, sustainable and reliable benefit, following, among others, the management results in consumption and savings, as well as the corrections should be made in the cases that were necessary.

It was proposed as a test of savings in electricity consumption, to make a sample by changing the lighting system to the mechanical maintenance workshop of mineral haulage equipment of a mining company, from conventional lighting, to LED technology lighting equipment under the methodology of the ISO 50001 standard.

If the ROI, VAN and IRR indicators are positive, the implementation of the ISO 50001 Energy Management System in the mining company could be feasible.

INTRODUCCIÓN

Los indicadores de desempeño en una empresa minera forman parte del Sistema de Gestión de Energía que toda empresa debe registrar para evaluar su desempeño en eficiencia energética e implementar los lineamientos y estrategias que permitan reducir costos, mejorar los procesos productivos, reducir el impacto al medio ambiente y reducir los riesgos asociados por el transporte de los hidrocarburos. Los indicadores proporcionaran información al comparar el desempeño en Gestión de Energía antes y después de su implementación, con respecto a los objetivos propuestos para el Sistema de Gestión de Energía.

La metodología desarrollada para la implementación de los indicadores debe ser coherente con los objetivos, metas económicas, productivas, ambientales y de gestión de riesgos de la empresa minera. En el ciclo Planificar – Hacer – Verificar - Actuar –"PHVA" (ISO 50001) utilizando el modelo de la norma ISO 50001: "Sistema de Gestión de la Energía", cuya metodología facilita a las organizaciones, una herramienta que permita la reducción de los costos de energía, las emisiones de gases de efecto invernadero y el riesgo asociado durante el transporte de los hidrocarburos.

Con el compromiso de la alta gerencia se debe implementar una política energética, es un documento esencial a la hora de implementar un Sistema de Gestión de Energía, es la partida de nacimiento para la implementación de un Sistema de Gestión de Energía bajo la norma ISO 50001. Una empresa con estas directivas es consciente que su misión y objetivos no sólo se debe orientar al beneficio económico de la organización, sino a procurar un equilibrio en materia social y ambiental.

Uno de los objetivos de la implementación del Sistema de Gestión de Energía es tener una estrategia de control del uso de recursos mediante un conjunto de indicadores de desempeño de la gestión de energía, y tener la medición, control y mejora en consumo energético bajo los lineamientos de la norma ISO 50001 y posteriormente buscar su certificación en la norma ISO 50001.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

Cuando existe crisis económica y energética y como consecuencia genera una reducción en los precios de los metales, se tiene la necesidad de generar ahorro para reducir los impactos en la industria minera producto de esta crisis. Cuando nos encontramos en esta situación, las empresas tienen que volverse más eficientes y generan estrategias de ahorro como, optimizar nuestros procesos productivos y el mejor uso de nuestros recursos energéticos, debido a que los mayores costos en las grandes empresas mineras se encuentran en el consumo de combustible, insumos químicos para el proceso productivo y costo de energía eléctrica.

Las estrategias de ahorro que desarrolla cada empresa impactan directamente en los costos de producción, menor impacto al medio ambiente y reducción de riesgo operativo debido al menor transporte de combustible para las operaciones mineras.

La empresa se ve obligada a ser más eficiente y para eso es recomendable que ya debe contar con una **política de eficiencia energética** en sus operaciones, por lo que surge la necesidad de implementar un Sistema de Gestión de la Energía (SGE) bajo los estándares de la norma ISO 50001. Actualmente las grandes empresas mineras del Perú carecen de una política de eficiencia energética y no existe ninguna gran empresa minera nacional certificada en la norma ISO 50001, solamente se tiene a una compañía de la mediana minería certificada recientemente en el año 2018.

La Eficiencia Energética (EE) es la optimización de la relación entre la producción final obtenida y la cantidad de energía utilizada en su producción, también se puede entender como acciones que apuntan a reducir el consumo de energía sin sacrificar el confort o la actividad económica a la que sirve.

Entre los beneficios que trae la implementación de EE en las industrias mineras, según la Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE) se encuentra un menor consumo de energía, disminución en la demanda de la energía primaria y fomentar las fuentes de energía renovables.

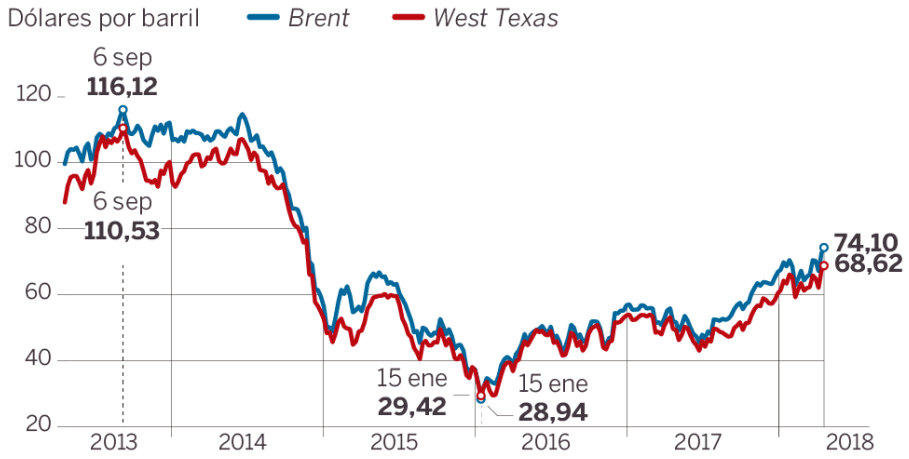
Por otra parte, Linares (2009) en su investigación indica la clave para consumir un menor nivel de energía entregando el mismo nivel de servicio: ¨La clave para la existencia de estos ahorros reside en el hecho de que no consumimos energía, sino servicios energéticos: por

tanto, puede ser posible proveer el mismo nivel de servicio energético con un menor nivel de consumo de energía¨ (p. 2).

En la actualidad tenemos un escenario energético marcado por:

- Alza en el precio de los combustibles y la energía eléctrica.
- Operaciones mineras de baja ley
- Necesidad de optimizar procesos y recursos, pero a bajo costo
- Presión de las administraciones públicas en reglamentación ambiental debido al incremento en la emisión de gases de efecto invernadero afectando los compromisos asumidos como país en el Protocolo de Kioto.

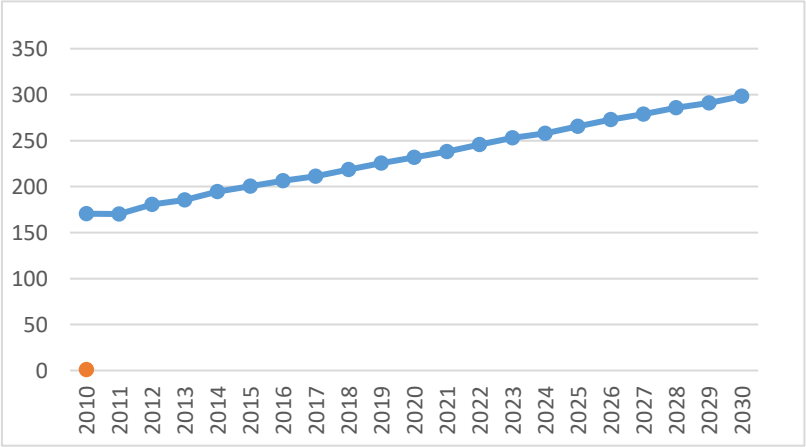
Gráfico 1. Precio del petróleo 2013-2018



Fuente: Bloomberg

Gráfico 2. Proyección de emisiones de gases de efecto invernadero 2010-2030 del Perú

Fuente: Ministerio del Ambiente de Perú



Además, Michel de Laire (2013) afirma que el Sistema de Gestión de la Energía (SGE) nos permite mantener niveles de consumo estables en el tiempo, gracias a una adecuada gestión del uso que hacemos de la energía, pretende sistematizar los procesos que se dan en una organización con el fin de promover criterios de gestión energética, ahorro y eficiencia, manteniendo unos niveles de consumo estables en el tiempo gracias a una adecuada gestión del uso que hacemos de la energía.

La implementación de un SGE permitirá también que la industria minera aporte en los compromisos ambientales del país, como es la convención del Protocolo de Kioto celebrada el año 2012 en Qatar, donde se acuerda controlar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que provocan el cambio climático y el calentamiento global. Entre los gases de efecto invernadero de dos tipos: i) emisiones directas, que corresponden a aquellas generadas por la combustión de combustibles fósiles (petróleo, nafta, carbón, gas natural) en las faenas mineras o el usado en transporte por los vehículos de las operaciones; ii) emisiones indirectas, que corresponden a aquellas generadas por las instalaciones que producen la energía eléctrica utilizada por los procesos de la minería del cobre y las emisiones generadas por los procesos de producción de los combustibles utilizados durante las faenas.

Un SGE de la industria minera en el Perú debe estar alineado con el ¨Plan Referencial del Uso Eficiente de la Energía 2009 – 2018, Ministerio de Energía y Minas (MINEM, 2009)¨, que establece como objetivo principal para los años 2009 -2018 el ahorro del 15% de energía.

Implementar indicadores de desempeño para la Gestión de Energía en una empresa minera, atiende la Ley Nº 27345, ¨Ley de Promoción del Uso Eficiente de la Energía (MINEM), en el artículo 1 dice: ¨ El uso eficiente de la energía contribuye a asegurar el suministro de energía, mejorar la competitividad del país, generar saldos exportables de energéticos, reducir el impacto ambiental, proteger al consumidor y fortalecer la toma de conciencia en la población sobre la importancia del Uso Eficiente de la Energía (UEE).

En el Plan Energético Nacional 2014 – 2025 [MINEM], 2014 dice: ¨Para el periodo 2014 – 2025 se impulsará una política de eficiencia energética dirigida a la disminución de la dependencia externa, el aumento de la competitividad del sector energía, menores impactos ambientales y mejora en el acceso a la energía¨.

A la fecha en el país, las empresas mineras han avanzado muy poco con respecto a sistemas eficientes energéticamente y, a pesar que existen leyes y políticas en materia de

eficiencia energética por parte del estado, la empresa minera materia del estudio no tienen una política de eficiencia energética, que este alineada con el Plan Energético Nacional ni a la Ley Nº 27345.

En otro párrafo del Plan Energético Nacional 2014 – 2025 se menciona: ¨La reducción del gasto y/o costos operativos se logra disminuyendo el consumo final de electricidad y diésel mediante el uso de tecnologías más eficientes tales como luminarias LED's, termas solares, cocinas mejoradas a leña y el desarrollo de proyectos de cogeneración y la sustitución de calderos y motores eléctricos por otros de mayor eficiencia¨

Según los indicadores RISE (Indicadores Regulatorios para la Energía Sostenible, por sus siglas en inglés) del Banco Mundial, el Perú se encuentra en el último puesto de la región en Eficiencia Energética. Luego de una auditoría realizada en el año 2018, el puntaje obtenido por el Perú, fue de 31.34 puntos sobre un máximo de 100 puntos, el detalle de los criterios de evaluación y la puntuación a nivel Sudamérica, se visualizan en las siguientes tablas:

Tabla 1. Criterios de evaluación en eficiencia energética en Sudamérica

Fuente: Banco Mundial

1	Planificación nacional de eficiencia energética	75
2	Entidades de eficiencia energética	57
3	Información proporcionada a los consumidores sobre el uso de electricidad	67
4	Incentivos de EE a partir de estructuras tarifarias eléctricas	48
5	Incentivos y mandatos: grandes consumidores	33
6	Incentivos y mandatos: sector público	50
7	Incentivos y mandatos: servicios públicos	4
8	Mecanismos de financiación para la eficiencia energética	0
9	Normas mínimas de rendimiento de la eficiencia energética	42
10	Sistemas de etiquetado energético	0
11	Códigos de energía del edificio	0
12	Precio de carbono	0

Tabla 2. Eficiencia Energética en Sudamérica

Pais	Eficiencia Energética
Sudamérica	
Argentina	43.95
Bolivia	36.62
Brazil	50.6
Colombia	50.67
Ecuador	54.6
Perú	31.34
Venezuela, RB	42.08

Fuente: Banco Mundial

Esta investigación pretende identificar si la implementación de un sistema de gestión de energía bajo la norma ISO50001 en una empresa minera genera ahorro en los costos debido a un menor consumo de energía eléctrica, para este caso vamos a analizar el cambio de luminarias del tipo LED en el taller de mantenimiento mecánico de equipos de acarreo.

Debemos tener en cuenta que lo que deben perseguir las políticas es el ahorro de energía: la mejora de la eficiencia sólo es interesante si consigue ahorros, mediante reducción del consumo energético.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

Desde el año 2011 se tiene la norma ISO 50001 que busca mejorar el desempeño energético y aumentar le eficiencia energética de las organizaciones. Muchas empresas en Sudamérica ya han implementado la norma ISO 50001 en sus operaciones, incrementando sus ventajas competitivas dentro de los mercados que participan.

En el Perú ninguna empresa de la gran minería cuenta con la certificación ISO 500001 siendo un país con un alto potencial minero, tenemos un pobre desarrollo de iniciativas de promoción de implementación del SGE.

Bajo este contexto: ¿Es la implantación de un modelo de gestión de la energía en la industria minera, una alternativa factible para lograr ahorros económicos en la empresa?

1.2.2 Problema específico

¿En qué medida la utilización de indicadores de gestión energética de la norma ISO 50001 contribuye a la disminución de costos por consumo de energía eléctrica en el taller de mantenimiento mecánico de camiones?

¿Cuál es el efecto que tiene en el ROI la implementación de un Sistema de Gestión de Energía en el taller de mantenimiento mecánico de camiones?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Determinar si la implantación de un modelo de gestión de la energía en la industria minera, es una alternativa factible para lograr ahorros económicos en la empresa

1.3.2 Objetivos específicos

Conocer en qué medida la utilización de indicadores de gestión energética de la norma ISO 50001 contribuye a la disminución de costos por consumo de energía eléctrica en el taller de mantenimiento mecánico de camiones

Determinar los efectos que tiene en el ROI la implementación de un Sistema de Gestión de Energía en el taller de mantenimiento mecánico de camiones.

1.4 Hipótesis

El modelo de Gestión de la Energía en la empresa minera es económicamente factible, debido a que genera ahorros económicos significativos por un menor costo de consumo de energía.

1.5 Justificación de la investigación

La importancia de la presente investigación en el taller de mantenimiento mecánico de una empresa minera, radica en la propuesta de implementación de un modelo de gestión de energía con ahorro económico, que puede extrapolarse a otras áreas de la empresa y a otras compañías mineras del país.

Además la investigación tendrá una aplicación práctica para evaluar y tomar una decisión para la reducción del costo por consumo de energía, comprobándose el ahorro económico que ésta genera.

Los beneficios de la implementación de indicadores de gestión, dentro de un Sistema de Gestión Energética (SGE) en la organización se puede observar en diferentes niveles:

- Optimización y reducción en consumo de energía y ahorro en costos.
- Fomento de la aplicación de la Gestión Energética en el sector.

- Disminución de emisiones de gases de CO2 a la atmósfera, disminuyendo los impactos ambientales.
- Beneficios de liderazgo e imagen empresarial.
- Reduce el consumo de combustible, que representa el mayor costo de una empresa minera.
- Mejora la competitividad de la empresa, al reducir los costos de producción y operación.
- El ROI de las inversiones realizadas para la implementación de un Sistema de Gestión de energía en el taller de mantenimiento es positivo en el mediano tiempo.
- En general, mejora el desempeño energético de la organización a través del desarrollo sustentable del negocio, contribuyendo con la reducción de los impactos ambientales a nivel global.
- Para el presente trabajo de investigación solamente se evaluará la **optimización y reducción en consumo de energía y ahorro en costos.**

Para llevar a cabo el proyecto de investigación debemos obtener información como: si existe una Política de Gestión de Energía en la empresa minera, indicadores de gestión de eficiencia energética, consumo de energía, indicadores de seguridad industrial, costos de inversión de proyectos y el ahorro conseguido a partir de la implementación como muestra de la Gestión de Energía en el taller de mantenimiento mecánico.

Se tiene la suficiente información histórica de la empresa minera que se está evaluando, por ello, continuar y atender la pregunta de investigación es viable desde el punto de vista académico.

Son varias empresas mineras que buscan ser reconocidos por aplicar en sus procesos estándares internacionales para garantizar la producción de su mineral, al menor costo posible, con seguridad industrial, con respecto y cuidado por el medio ambiente y tener una buena imagen y prestigio internacional para ser referentes en el mercado de los metales, es por eso que la certificación en la norma ISO 50001 Sistemas de Gestión de Energías, es una buena opción para toda empresa minera.

1.6 Delimitación del estudio

El presente estudio se realiza a un taller de mantenimiento mecánico de una empresa minera polimetálica que produce concentrados de cobre, zinc, molibdeno, plata y plomo a tajo

abierto. La mina está ubicada en la Región Ancash, a una altitud promedio de 4,500 msnm y pertenece a la gran minería en el Perú.

La propuesta de implementación de un sistema de gestión de energía, para el desarrollo del presente trabajo, se va a realizar al taller de mantenimiento mecánico de la flota de maquinaria pesada de la compañía minera. Estos equipos intervienen en el sub proceso de acarreo de minerales luego de la etapa de voladura y se va a realizar teniendo como referencia las recomendaciones y procesos de buenas prácticas de la norma ISO 50001.

El consumo de energía eléctrica del taller de mantenimiento representa un consumo muy pequeño para el total de la demanda de energía eléctrica de la compañía minera, este consumo es solo el 0.1% de la energía total consumida del mes, pero para demostrar la reducción de costo en consumo de energía aplicando los criterios de la norma ISO 50001, ese consumo es suficiente, debido a que esta práctica de puede replicar para otros talleres y a toda la empresa.

CAPITULO II
MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Existe teoría complementaria ya desarrollada con cierto respaldo empírico que demuestra la relación que existe en el ahorro de costos entre empresas mineras que tienen un SGE y las que no tienen un SGE.

Las pruebas empíricas realizadas demuestran que la Eficiencia Energética (EE), ha demostrado ser un pilar fundamental en el desarrollo energético mundial. Su importancia ha sido reconocida hace décadas, pero sólo de forma reciente ha adquirido una relevancia sin precedentes en el sector energía.

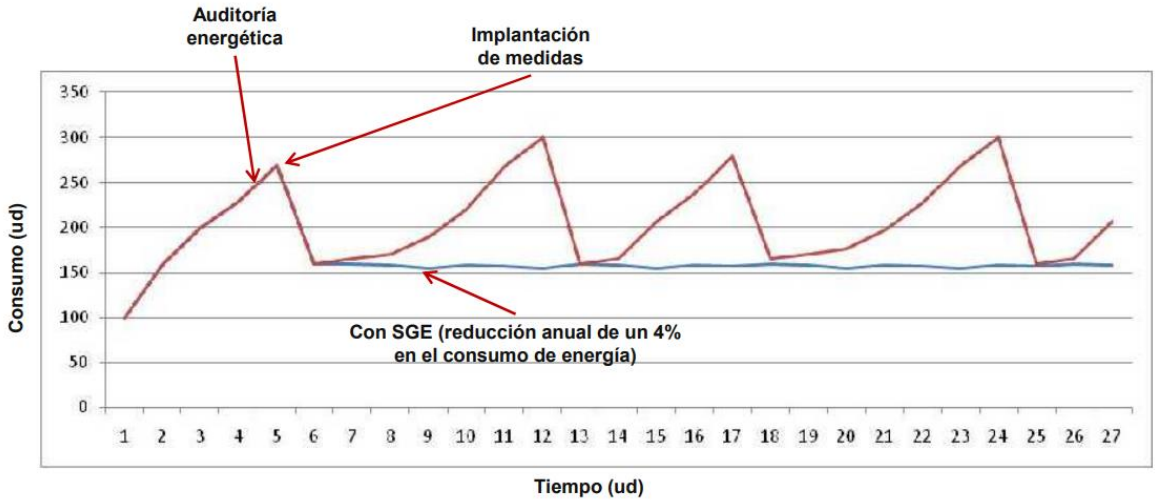
Como antecedentes se tomarán los siguientes documentos:

- ¨Beneficios de los Sistemas de Gestión de Energía basados en ISO 50001 y casos de éxito” de la Agencia Chilena de Eficiencia Energética ([AChEE], 2017).
- “Casos de éxitos implementados de eficiencia energética en la industria¨ de Darío Pérez.
- ¨Eficiencia Energética en la Estrategia: Identificando Oportunidades de Valor¨ de la Agencia Chilena de Eficiencia Energética ([AChEE], 2018).

Según el manual de la empresa Creara ¨Introducción a la norma ISO 50001:2011¨ elaborado por Alejandro Morell Fernández dice:

¨Si el SGE se implanta tras la realización de una auditoría energética en la organización, se consigue mantener el ahorro derivado de la implantación de las medidas detectadas en la misma¨

Gráfico 3. Consumo de energía en una organización después de implementar un Sistema de Gestión de Energía (SGE)



Fuente: Creara Energy Experts

Todos los documentos atienden la pregunta materia de la presente investigación, debido a los beneficios y la relación que existen entre el ahorro en costo y la política energética de empresas que han implementado un Sistema de Gestión de Energía (SGE). También registra los impactos en la emisión de gases de efecto invernadero en empresas que tienen un SGE implementado.

Cabe resaltar que todos los documentos aplican la metodología de implementación de un sistema de Gestión de la Energía bajo el estándar ISO 50001, generando indicadores y métricas para evaluar su estado actual y los beneficios obtenidos con la implementación de esta norma.

En la búsqueda de información sobre indicadores de gestión de energía en una empresa minera para el Perú, la única referencia bibliográfica encontrada es la tesis ¨ INDICADORES DE DESEMPEÑO AMBIENTAL EN LA MEDIANA MINERÍA¨ por Joel Hulmer Díaz Lazo.

Debido a la importancia que tiene los impactos medio ambientales en el desarrollo de una empresa minera, debe considerarse dar la misma importancia a los indicadores de gestión de energía, debido a que impactan directamente en el proceso productivo, costos y medio ambiente en el normal desarrollo de una empresa minera.

Según la Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AchEE) en su documento "Medición y Verificación en la Gestión de Proyectos de Eficiencia Energética en la Minería" (AchEE, 2015), la eficiencia energética es parte de la respuesta a los desafíos planteados, ya que disminuye el consumo de energía proyectado para una empresa y por consiguiente también del país, reduce la dependencia de los recursos energéticos importados, aumenta la seguridad de suministro y disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero.

¨Se puede definir como la reducción del uso de energía sin bajar el nivel de producción (ni su calidad) y/o calidad de vida (como en el uso de aire acondicionado o sistemas de calefacción)¨ (Agencia Chilena de Eficiencia Energética [AchEE], 2015, p.78).

"Utilizar menos energía en la prestación de igual servicio" (International Energy Agency [IEA], 2016, p.45).

Según la Dirección de Estudios y Políticas Públicas del Ministerio de Minería de Chile, se entiende por Eficiencia Energética, como el "conjunto de acciones que permiten optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos. Consecuentemente, la eficiencia energética se mide a través de indicadores que, a su vez, miden la variación de consumos unitarios de energía en el tiempo ¨ (2014, p. 56).

Respecto a los gastos por energía eléctrica en una empresa, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), menciona: "La factura de la energía eléctrica representa un gasto sustantivo del presupuesto destinado a la operación. El consumo eléctrico actual en iluminación, equipos de oficina (fotocopiadoras, máquinas de escribir), de cómputo (computadoras, impresoras y otros), electrodomésticos (refrigeradores, cafeteras, ventiladores, calefactores, radios, parrillas, etc.), equipos didácticos (proyectores, cañones, monitores, videocaseteras), y de los servicios auxiliares¨ (¨*Campaña para el uso eficiente y ahorro de la energía eléctrica*¨ [UNAM], 2007, p.l).

Lo primero que debemos preguntarnos es si “el ahorro energético tiene verdaderamente potencial para contribuir de forma significativa al desarrollo sostenible” (Pérez Arriaga, 2004). La respuesta es claramente afirmativa, en el “Informe mundial de energía” (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD]; Consejo Mundial de la Energía (CME), 2001), el PNUD y el CME han puesto de manifiesto que, a pesar de las mejoras que ha experimentado la eficiencia energética, particularmente en los países más desarrollados, todavía queda un amplio margen para lograr una reducción adicional de la energía consumida por unidad de producto interior bruto. Se estima en un 30% la energía que por término medio se malgasta por el uso ineficiente en casas, edificios, empresas y vehículos.

Según lo expuesto, diferentes autores identifican los beneficios y los ahorros que se obtiene al implementar una política de eficiencia energética en las empresas. Para esta investigación se tomará en cuenta como referencia la definición de la Dirección de Estudios y Políticas Públicas del Ministerio de Minería de Chile; ya que es la definición que tiene mucha relación con la definición y análisis que se realizará en este estudio.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Gestión de la Energía.

Existen varias teorías que tratan acerca de la eficiencia energética, materia de nuestro problema de investigación, relacionadas al uso eficiente de la energía eléctrica, al menor consumo de combustible y reducir la emisión de gases de efecto invernadero. Los estudios sobre eficiencia energética se vienen desarrollando con mayor interés por parte de las empresas mineras, debido a que es el consumo de combustible uno de sus principales costos operativos y para cumplir las leyes, recomendaciones y directivas de eficiencia energética del país donde opera la mina.

La norma ISO 50001 considera a la gestión de la energía como una estrategia para optimizar el suministro y uso de la energía en una empresa, mediante sistemas y procedimientos que reduzcan la demanda de energía por unidad de producto, manteniendo y disminuyendo los costos totales de producción, sin afectar la calidad y minimizando los impactos ambientales; todo esto a cargo de una persona o estructura acorde al tamaño de la empresa.

La gestión de la energía requiere presupuesto y comprende acciones como las siguientes:

- Definir una Política de Eficiencia Energética.

- Negociar contratos de suministro de energía: combustibles, electricidad y fuentes renovables.
- Conocer el uso de la energía en los procesos y las posibilidades de eficiencia energética, definiendo una línea base para los análisis.
- Seguimiento de indicadores de desempeño de Eficiencia Energética de los equipos y procesos, costos específicos, valores contratados, registrados y facturados, factores de utilización de los equipos y/o instalaciones.
- Proponer correcciones, motivar a los usuarios o trabajadores, difundir los resultados, realizar capacitación.
- Planificar la implementación de medidas de Eficiencia Energética.
- Definir puntos de operación de los equipos y procesos para una mayor Eficiencia Energética, coordinado y acordado con las áreas de producción y mantenimiento.
- Realizar con alguna periodicidad auditorías energéticas para chequear el cumplimiento de las metas definidas de eficiencia energética.
- Evaluar periódicamente el cumplimiento de las metas y el funcionamiento del sistema de gestión energética, llevando a cabo los ajustes que sean necesarios.

Al igual que otras normas ISO, se enmarca en el ciclo de mejoramiento continuo**: Planificar, Hacer, Verificar y Actuar,** considerando las herramientas necesarias para implementar paso a paso un SGE basado en la ISO 50001 y estableciendo requisitos para cada una de las etapas del ciclo de la siguiente manera:

- Planificar:

  Entender el comportamiento energético de la organización a fin de establecer los controles y objetivos necesarios que permitan mejorar el desempeño energético.
- Hacer:

  Implementar procedimientos y procesos regulares, con el fin de controlar y mejorar el desempeño energético.
- Verificar:

  Realizar el monitoreo y medición de procesos y productos, en base a las políticas, objetivos y características claves de las operaciones. Reportar los resultados.
- Actuar:

  Tomar acciones para mejorar continuamente el desempeño energético, en base a los resultados obtenidos.

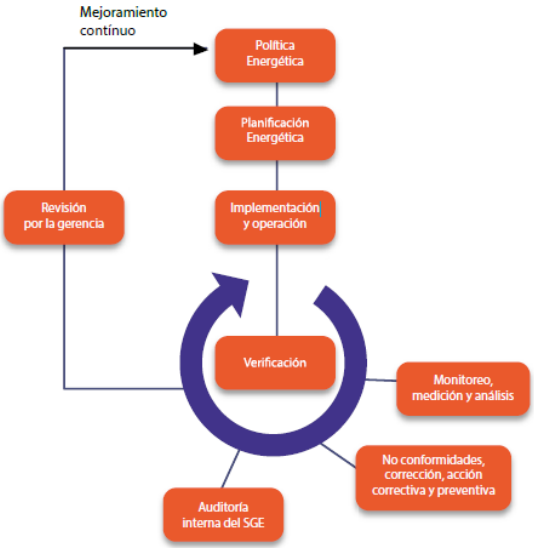
De este modo, y en base a lo expuesto, cada una de las etapas ha de cumplir con una serie de hitos adaptados a los requisitos normativos:

PLANIFICAR	HACER	VERIFICAR	ACTUAR
•Determinar alcances y requisitos. •Desarrollo de política. •Revisión inicial. •Identificación de áreas significativas. •Establecimiento de objetivos y plan de revisión.	•Definición de procesos en el sistema •Consumo de energía. •Documentar procedimientos. •Implicación e información. •Implementación y control.	•Seguimiento. •Medición. •Efectividad de las medidas. •Eficiencia del sistema. •Ejecución de auditorias internas.	•Revisión y análisis de los resultados. •Innovación. •Identificación de causas de posibles desviaciones. •Identificación de acciones correctivas y acciones preventivas. •Decisión de cambios a mejorar.

Plazos, costos, financiamiento e implementación de un SGE

Para la implementación de un Sistema de Gestión de la Energía (SGE), tenemos una metodología basada en la norma ISO 50001 (figura 1). La norma ISO 50001 es una herramienta que tiene como objetivo mantener y mejorar un sistema de gestión de energía en una organización. La implementación permitirá la reducción de los consumos de energía, un mediano tiempo en retorno de la inversión realizada para su implementación, y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Figura 1. Modelos de sistema de Gestión de Energía ISO 50001



Fuente: ISO 50001

¿Qué es un indicador?

La CONUEE (Comisión Nacional Para El Uso Eficiente de la Energía), define a un indicador como:

"La relación entre una variable cuantitativa o cualitativa, que permite observar la situación y las tendencias de cambio generados en la situación o característica observada, respecto de objetivos y metas previstas e influencias esperadas".

Álvarez de Nóvales (1998) afirma que los indicadores deben estar relacionados con los objetivos de la empresa y con los factores claves. La gestión adecuada de la energía debe permitir reducir los consumos específicos de calor, electricidad y los costos de producción.

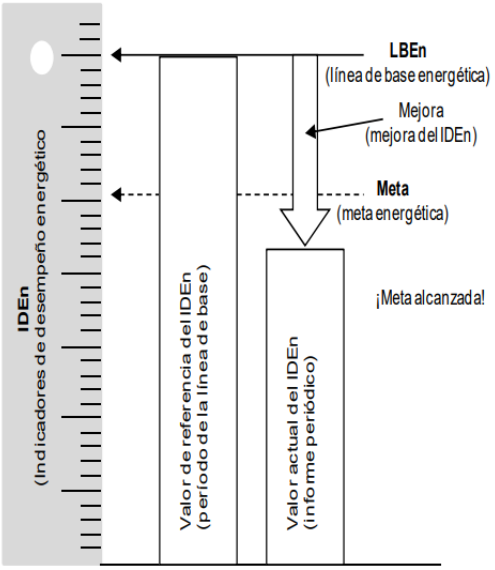
Según ISO 50001:

Indicador de desempeño energético (IDEn): valor cuantitativo o medida del desempeño energético, tal como lo define la organización.

Línea de base energética (LBEn): referencia(s) cuantitativa que proporciona la base de comparación del desempeño energético.

Los IDEn deben proporcionar información importante del desempeño energético que permita a los usuarios, dentro de la organización, comprenderlo y tomar acciones para mejorarlo, a fin de lograr las metas en Eficiencia Energética:

Figura 2. Medición del desempeño energético (indicadores)



Fuente: ISO 50001

Eficiencia energética

Santelices, I (2014). - Existen barreras para desarrollar una eficiencia energética en las industrias:

Informativas: Desconocimiento sobre las alternativas tecnológicas existentes o sobre el potencial de eficiencia energética que estas ofrecen.

Culturales: Resistirse al cambio, aversión al riesgo, poca importancia asignada.

Económicas: Altos costos de inversión, poco acceso al crédito financiero (en algunos sectores).

Técnicas: Falta de capital humano con conocimientos adecuados, inexistencia de mediciones de consumo y características operacionales.

Institucionales y reglamentarias: Inexistencia o falta de autoridad de las unidades de gestión de la energía al interior de la empresa u organización, falta de reglamentación o política que exija niveles de eficiencia energética.

Plazos de implementación de un Sistema de Gestión de la Energía

Los plazos de implementación de un SGE varían en promedio de 6 a 12 meses, y se desarrollan a través de 4 grandes etapas:

- Análisis de brechas y plan de acción.
- Diseño de modelo de gestión de energía.
- Implementación de sistemas de gestión de energía.
- Verificación integral del sistema de gestión de energía.

Los plazos de implementación dependerán principalmente si la organización ya cuenta con experiencia en sistemas de gestión implementados con anterioridad (ISO 90001, ISO 14001, u otra certificación nacional) que puedan ser utilizados como base de la estructura del SGE.

Costos de implementación

Para calcular los costos de implementación de un SGE, primero se deben estimar las horas de trabajo requeridas para el desarrollo de cada etapa de implementación del SGE, las que dependerán de los miembros de la organización que participarán en cada una de las etapas de implementación del SGE. Costo asociado de los cambios a realizar en los procedimientos, procesos, adquisiciones de equipos con capacidad de ahorro de energía, entre otros.

Financiamiento

Las opciones que tiene una industria para financiar las medidas de la Norma ISO 50001 son:

- Financiamiento con recursos propios
- Crédito de una institución financiera
- "Leasing" para equipos
- Líneas de crédito orientadas a inversiones tecnológicas que pueden ser utilizadas para financiar medidas de eficiencia energética.

Leyes, reglamentos y normas nacionales relacionadas a la eficiencia energética

De acuerdo al D.S. N° 024-2016-EM Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en minería (2016), se establecen los siguientes niveles mínimos de iluminación para el área de trabajo, de acuerdo a la tabla 3:

Tabla 3. Nivel mínimo de iluminación (Lux) en áreas de trabajo

NIVELES DE ILUMINACIÓN	
Áreas de Trabajo	**Lux**
Pasillos, bodegas, salas de descanso, comedores, servicios higiénicos, salas de trabajo con iluminación suplementaria sobre cada máquina, salas que no exigen discriminación de detalles finos o donde hay suficiente contraste	**150**
Trabajo prolongado con requerimiento moderado sobre la visión, trabajo mecánico con cierta discriminación de detalles, moldes en funciones y trabajos similares	300
Salas y paneles de control	300 - 500
Trabajos con pocos contrastes, lectura continuada en tipo pequeño, trabajo mecánico que exige discriminación de detalles finos, maquinarias, herramientas y trabajos similares	500
Revisión prolija de artículos, corte y trazado	1000
Trabajo prolongado con discriminación de detalles finos, montaje y revisión de artículos con detalles pequeños y poco contraste	1500 - 2000

Fuente: DS024 Ministerio de Energía y Minas

Las actuales crisis energéticas y climáticas que afectan al mundo entero y a nuestro país, hacen necesario proponer alternativas de solución para la contingencia y futuro del desarrollo nacional en temas de consumo de energía.

El Ministerio de Energía y Minas del Perú tiene la Ley N° 27345 "Ley de promoción del Uso Eficiente de la Energía" que tiene como objetivo asegurar el suministro de energía, proteger al

consumidor, reducir el impacto ambiental y fomentar la competitividad de la economía nacional. La propuesta de la ley se centra en "diversificar la matriz energética", de tal modo que, por una parte, se promuevan Energías Renovables No Convencionales (ERNC) y por otra parte, la eficiencia energética (EE).

Perú, por su localización geográfica y su diversidad de climas, posee condiciones muy favorables para la generación de fuentes energéticas no convencionales como el sol, el viento o la geotermia. Además, nuestro país posee condiciones privilegiadas de radiación solar, especialmente en el norte y sur, como pocas regiones del mundo lo tienen, por lo cual se hace conveniente emplear su uso.

Según cifras del Ministerio de Energía y Minas, la distribución del consumo energético por sector es la siguiente: 28% al sector residencial, comercio y servicios públicos, un 40% al transporte, un 25% al sector industrial y minero y un 3% agropecuario, agroindustrial y pesca. Esto indica que los sectores productivos de actividad económica primaria y secundaria consumen el mayor porcentaje de energía.

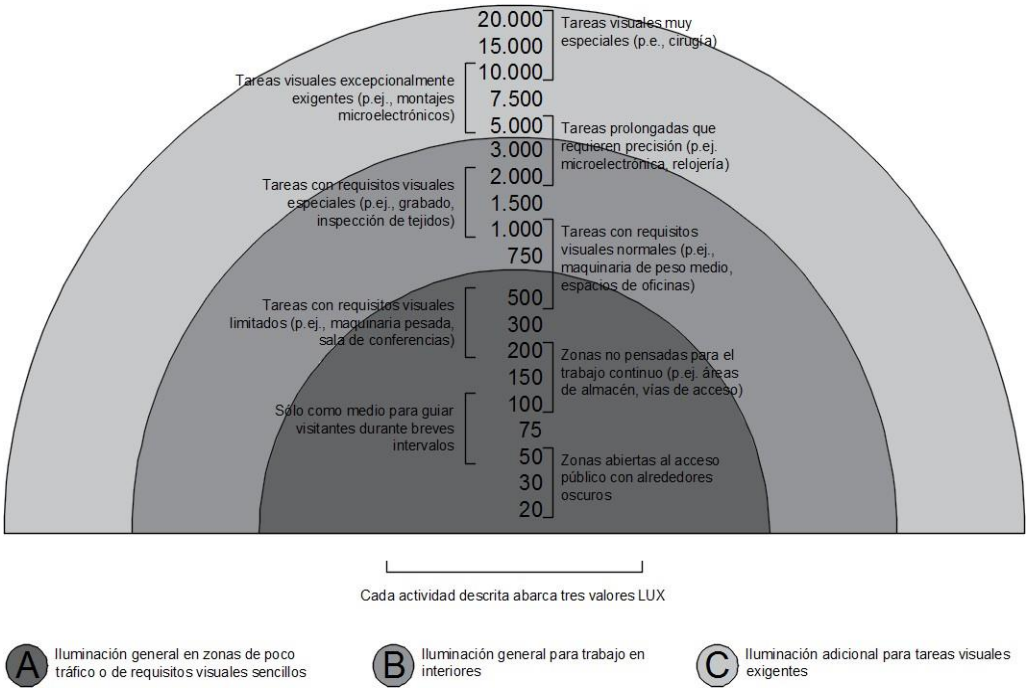
Para atender el futuro energético del país, el año 2014 el Ministerio de Energía y Minas presentó al país una propuesta de “Plan Energético Nacional 2014-2025” para recibir aportes, partiendo del análisis del papel que el sector energético debe de desempeñar para apoyar el desarrollo del país.

En relación con la eficiencia energética el MINEM, en su “Resumen ejecutivo del Plan Energético Nacional 2014 – 2025”, afirma que: “Por la magnitud de las interacciones del sistema energético con la economía, la sociedad, el medio ambiente y la política, resulta evidente que la formulación de una política energética que promueva el desarrollo sustentable del país, requiere de la participación de los actores involucrados, que son al mismo tiempo protagonistas y destinatarios de ella; tales como los poderes del Estado, las entidades representativas, las empresas, los trabajadores y la sociedad en su conjunto”.

2.2.2. Iluminación

Aunque existen normas que recomiendan los niveles adecuados de iluminación para la mayoría de los ambientes según la actividad que se va a realizar, para tener una idea general, cuanto mayor sea la dificultad de percepción visual, mayor deberá ser el nivel medio de la iluminación.

Figura 3. Iluminación recomendada en áreas de trabajo



Fuente: Comité Europeo Normalizador (CENTC 169). (s.f.). Iluminación en la prevención de riesgos en los lugares de trabajo.

Las características de la distribución luminosa permiten clasificar las luminarias en grupos que tienen propiedades parecidas, la más importante de las funciones que cumple una luminaria es la de modificar la distribución del flujo luminoso que emite la fuente a la cual contiene. La CIE establece una clasificación de las luminarias en función de su distribución hacia el hemisferio superior y hemisferio inferior.

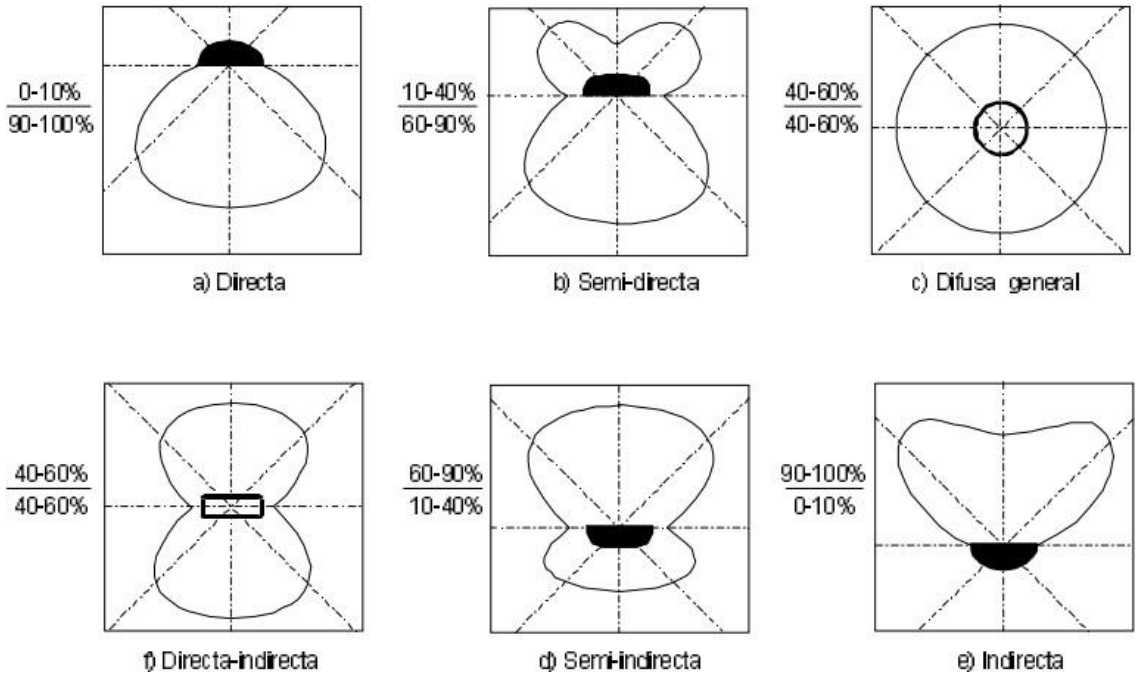
Tabla 4. Distribución del Flujo Luminoso

Tipo de luminaria	Hemisferio Superior [%]	Hemisferio Inferior [%]
Directa	0-10	90-100
Semi – directa	10-40	60-90
General difusa	40-60	40-60
Directa – indirecta	40-60	40-60
Semi – indirecta	60-90	10-40
Indirecta	90-100	0-10

Fuente: CIE (Commission Internationale de l'Eclairage). (1986). Guide on interior lighting. Publicación 29.2, Second Ed.

Distribución luminosa

Figura 4. Clasificación de distribución luminosa



Fuente: CIE (Commission Internationale de l'Eclairage)

Iluminación directa: Cuando el porcentaje de la luz emitida en el hemisferio inferior es del 90 - 100% y en el hemisferio superior es del 0 - 10%. Alta eficiencia energética. Posibilita buena uniformidad.

Iluminación semi-directa: Cuando el porcentaje de la luz emitida en el hemisferio inferior está entre 60 – 90% y en el hemisferio superior es de 10 – 40%. Posee menor eficiencia energética que las de iluminación directa.

Iluminación difusa: Cuando el porcentaje de la luz emitida en el hemisferio inferior está entre 40 – 60% y en el hemisferio superior es de 40 – 60%. Es decir, el flujo luminoso es emitido en igual cantidad hacia arriba y hacia abajo

Iluminación directa – indirecta: Cuando el porcentaje de la luz emitida en el hemisferio superior es la misma que en el hemisferio inferior entre en 40 – 60%. Características similares que la iluminación difusa pero con una mayor eficiencia energética.

Iluminación semi – indirecta: Cuando el porcentaje de la luz emitida en el hemisferio inferior es de 10 – 40% y en el hemisferio superior esta entre 60 – 90%. Similar al tipo semi – directo pero con menor eficiencia energética.

Iluminación indirecta: Cuando el porcentaje de la luz emitida en el hemisferio inferior es de 0 – 10% y en el hemisferio superior es de 90 – 100%. El mayor flujo luminoso es emitido

hacia arriba sobre el techo o paredes superiores.

Temperatura de color

La temperatura de color es una medida que refiere a la apariencia de la luz que emite la fuente luminosa. La forma en que vemos cierto ambiente depende de la tonalidad de luz de la lámpara y es crucial para establecer una atmósfera de confort o frescura. La clasificación más general es la siguiente:

Luz cálida: Las fuentes de luz que percibimos rojizas o amarillentas tienen una temperatura de color debajo de los 3400ºK, se usan en lugares donde se requieran un ambiente de hospitalidad y confort como, por ejemplo: tiendas de ropa, hogar (sala, dormitorios, comedor), restaurantes, etc.

Luz blanca o fría: Las fuentes de luz que percibimos blancas o azuladas tienen una temperatura de color arriba de los 3600ºK, se usan en aplicaciones industriales, oficinas, hospitales, hogar (estudio, cocina), etc.

Luz de día: La luz de día recibe este nombre por su semejanza a la iluminación exterior, comparable a condiciones de medio día. Esta llamada también luz diurna, es la que imita a la que entra por una ventana.

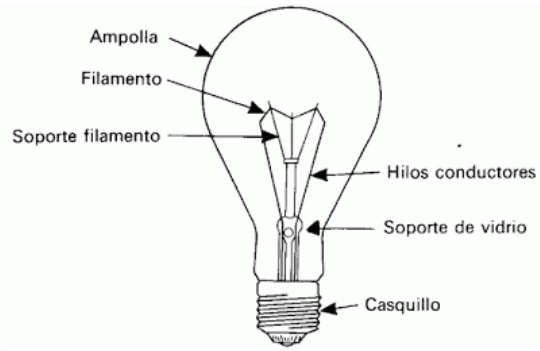
Tipos de lámparas

Incandescente

Este tipo de lámpara está basado en el fenómeno del paso de una corriente eléctrica, que se produce por un filamento de tungsteno mediante el calentamiento por efecto joule, lo cual provoca una radiación visible en forma de luz. Para evitar que el filamento se queme en contacto con el aire, se rodea con una ampolla de vidrio a la que se le ha hecho el vacío o se ha rellenado con un gas.

La lámpara incandescente posee un rendimiento muy bajo, por el motivo que la mayor parte de la energía consumida se convierte en calor, lo que no ofrece muy buena reproducción de los colores.

Figura 5. Partes de una lámpara incandescente.



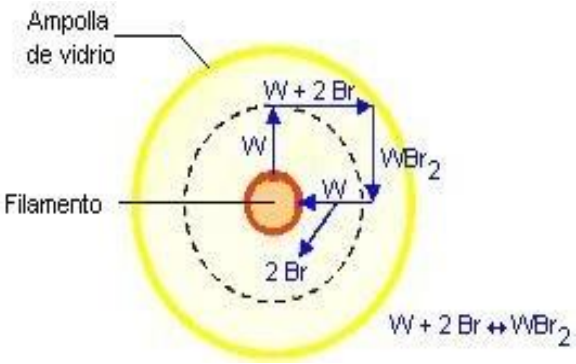
Fuente: Blog de Jorge A.

Existen dos tipos de lámparas incandescentes: las que contienen un gas halógeno en su interior y las que no lo contienen.

Halógenas

Las lámparas incandescentes halógenas tienen el mismo funcionamiento similar al de las lámparas incandescentes convencionales, la diferencia es que existe un componente halógeno y un compuesto gaseoso, que consigue establecer un ciclo de regeneración para evitar el ennegrecimiento aumentando así la vida útil de la lámpara, mejorando su eficiencia luminosa, reduciendo tamaño, mayor temperatura de color y poca o ninguna depreciación luminosa en el tiempo, manteniendo una reproducción del color excelente.

Figura 6. Ciclo del halógeno.



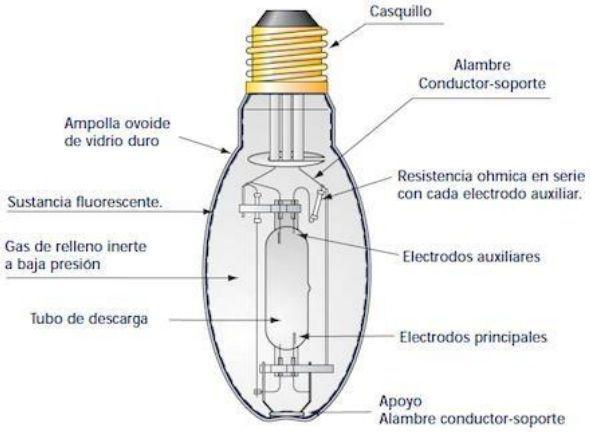
Fuente: Villafranca, C. I. (2012) blog de Lumiere Studio.

Debido a esto, las lámparas halógenas pueden funcionar a una temperatura superior a una lámpara llena de gas similar, esto también la produce una mayor eficacia luminosa.

Vapor de sodio

La lámpara de vapor de sodio es un tipo de lámpara de descarga de gas que usa vapor de sodio para producir luz, el sodio posee la peculiaridad de emitir una luz de color anaranjado. Encontramos lámparas según la forma de trabajo del sodio: de baja y alta presión, son una de las fuentes de iluminación más eficientes, ya que proporcionan gran cantidad de lúmenes por vatio.

Figura 7. Partes de una lámpara de vapor de sodio

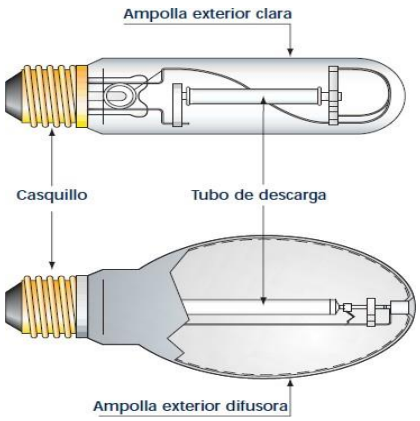


Fuente: Manual de Iluminación (INDAL)

Vapor de mercurio

Este tipo de lámpara funciona con alta presión ,su periodo de encendido es relativamente largo, consisten en un tubo de descarga de cuarzo relleno de vapor de mercurio, el cual tiene dos electrodos principales y uno auxiliar para facilitar el arranque, La ampolla exterior puede ser claro o recubierto con un fósforo; en cualquiera de los casos, el bulbo exterior proporciona aislamiento térmico, protección contra la radiación ultravioleta de la luz produce, y un montaje conveniente para el tubo de arco de cuarzo fundido.

Figura 8. Partes de una lámpara de vapor de mercurio

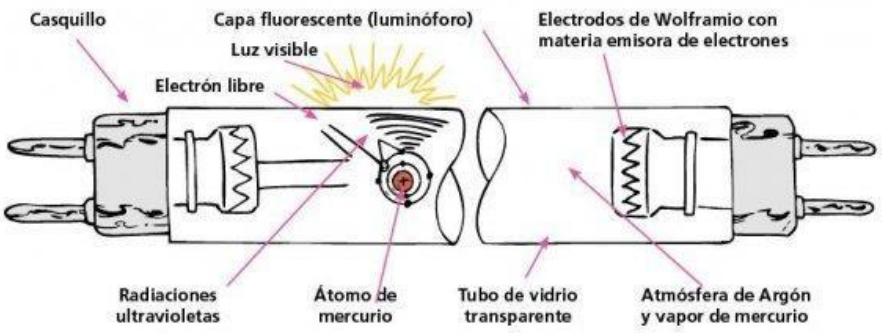


Fuente: Manual de Iluminación (INDAL)

Fluorescente

Las lámparas fluorescentes es la del encendido por precalentamiento, posee dos electrodos dentro de un tubo de vidrio relleno de una mezcla gaseosa y que va interiormente impregnado de una sustancia fluorescente, que se vuelve luminosa al pasar la corriente entre los dos electrodos, es del tipo de descarga eléctrica en la cual se produce al aplicarse una alta tensión y por la fluorescencia o fosforescencia activada por la tecnología ultravioleta de un arco de mercurio.

Figura 9. Partes de una lámpara fluorescente



Fuente: Bordón, L. E. (ABC)

Lámparas LED

¿Qué es LED?

LED son las siglas de Light Emision Diode, en castellano diodo de emisión de luz, es un dispositivo semiconductor que emite una radiación óptica cuando lo excita una corriente eléctrica, los diodos funcionan con energía eléctrica de corriente continua (CC), de modo que las lámparas de LED deben incluir circuitos internos para operar desde el voltaje CA estándar.

Sistemas de iluminación LED. Características y ventajas

Se trata de un dispositivo electrónico que incorpora una fuente luminosa LED y los elementos necesarios para un funcionamiento estable y continuo como fuente de luz, las características de los sistemas de iluminación LED que suponen una ventaja frente a la iluminación convencional son su larga vida útil, su escaso consumo, y la reducción al mínimo de la emisión de calor y rayos ultravioleta los cuales atraen insectos. Tampoco contiene mercurio, metales halogenuros o polvos fluorescentes.

Fuentes de luz tradicionales a las que sustituye LED:

Ofrecen hasta un 85% de ahorro energético para las fuentes siguientes:

- Incandescentes
- Halógenas

Ofrece un 50% de ahorro energético sobre las fuentes más eficientes:

- Fluorescentes
- Lámparas de descarga (alumbrado. Basadas en sodio, halogenuros metálicos o vapor de mercurio).
- Fluorescencia compacta (conocidas como de bajo consumo).

Es por las ventajas que se identifican en las luminarias del tipo LED que para realizar el proyecto de cambio de tecnología de iluminación para el taller de mantenimiento decidimos utilizar las del tipo LED.

Lúmenes o Luxes.

Para comparar dos tecnologías de iluminación diferentes no se puede mirar los lúmenes, sino que debe mirar los luxes.

- Los lúmenes son la cantidad total de luz emitida en todas las direcciones.
- Los luxes son los lúmenes por metro cuadrado.

Todas normativas hablan con luxes, ya que los lúmenes totales que hay en un espacio, no llegaran todos al suelo, hay muchos que se pierden, en reflectores, en paredes o sea que no se pueden aprovechar, podemos ver que la luz convencional, en este caso las lámpara incandescente y fluorescente emiten luz por todas partes, en cambio el LED realiza una emisión de luz unidireccional, en una dirección

Figura 10. Flujo luminoso de diferentes luminarias.

Fuente: (SC, 2015)

El LED aprovecha mejor la energía, para dar luz, su rendimiento es mucho más

elevado, generando así un ahorro en su utilización, luces convencionales sólo el 63% de luz, del flujo lumínico, es útil. El LED aprovecha un 91% de los lúmenes.

Figura 11. Comparación aprovechamiento de lúmenes

Fuente: (SC, 2015)

Ejemplo:

Tomamos un fluorescente con tecnología convencional y un fluorescente LED, el fabricante nos da los siguientes datos.

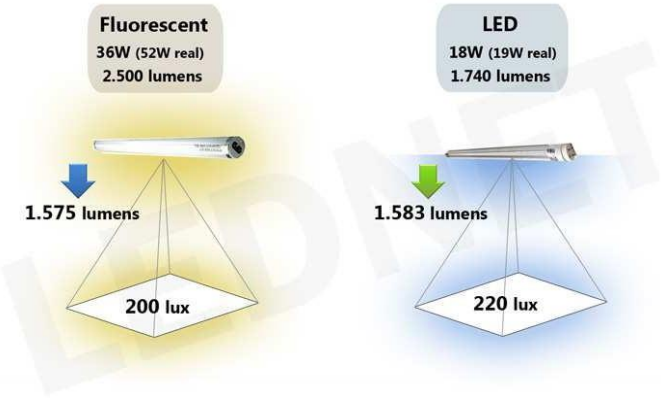
- Fluorescente convencional 36W (realmente 52W con balasto electromagnético) y 2.500 lúmenes.
- Fluorescente LED 18W (realmente 19W perdidas por calor de los diodos) y 1740 lúmenes.

Como se observa el tubo LED da más luz.

- Fluorescente Philips.2.500lumens x 0.63 = 1.575 lúmenes útiles.
- Fluorescente LED 1.740lumens x 0.91 = 1.583 lúmenes útiles.

Comparación con los luxes que son los valores que supervisa OSINERGMIN.

Figura 12. Comparación de luxes ente luminaria convencional y una LED



Fuente: (SC, 2015)

Para contribuir en la eficiencia energética del país, la empresa ha iniciado una campaña de evaluación y cambio de equipos de iluminación convencional, del tipo alta presión de mercurio y alta presión de sodio (HPI-HPS) a las del tipo LED, respetando y cumpliendo los niveles mínimos de intensidad de iluminación (LUX).

La preocupación por atender el consumo de energía y aplicar políticas de eficiencia energética también es de interés en varios países de América y Europa, como son los casos de Chile y la Unión Europea por citar dos ejemplos.

El documento "Contexto y Enseñanzas Internacionales para el Diseño de la Política Energética a Largo Plazo de Chile" (Comisión Nacional de Energía [CNE], 2008), señala que "la seguridad energética constituye una parte integral de las agendas nacionales de la mayoría de los países. La mayor volatilidad y los crecientes precios internacionales de la energía han impuesto una carga importante a las economías nacionales y han llamado la atención mundial sobre la seguridad energética", de igual manera "los problemas del cambio climático, seguridad energética y acceso de grupos vulnerables, además de una inquietud continua por cumplir con los requerimientos de energía a un costo razonable han generado una amplia gama de instrumentos, principalmente en los países desarrollados". (CNE: 2008; p, 10,11).

En otras palabras, la dirección de materializar este concepto de Eficiencia Energética muestra al "Estado con un rol de quien promueve el uso eficiente de la energía". Este modelo es utilizado hasta en los países más liberales en materia económica, justificándose por las profundas fallas de mercado y barreras que presenta la introducción de su implementación. (Política Energética. CNE: 2008; 58,59p).

La Directiva Europea sobre Eficiencia Energética (European Energy Performance Directive – EPBD, por sus siglas en inglés) define que "Las iniciativas comunitarias en materia de cambio climático y seguridad de suministro se han comprometido a que cada país miembro debe ser responsable de establecer normas mínimas y lograr así una reducción del consumo de energía de un 20% al 2020 basado en que los edificios significan el 40% del consumo energético de la Unión Europea (UE)"

Para identificar el modelo de madurez actual en gestión de energía de la empresa minera, usaremos el modelo de la Agencia Chilena de Eficiencia Energética.

Tabla 5. Nivel de madurez de las organizaciones según su dimensión en EE

Líder	La eficiencia energética es un pilar estratégico.	Existe un área de eficiencia energética bajo el Gerente General o de un cargo de primera línea.	Existe un Comité de Energía que abarca toda la empresa.	Los colaboradores son promotores de la eficiencia energética.	Existe un sistema de gestión de energía implementado.	Se utilizan benchmarks para comparar y mejorar resultados propios.	Existen expertos en eficiencia energética.
Avanzado	La eficiencia energética es un objetivo estratégico.	Existe un área de eficiencia energética bajo un cargo no dependiente del Gerente General.	Existe un Comité de energía que abarca la gerencia.	Los colaboradores se identifican con la eficiencia energética.	Existen procedimientos implementados, que apoyan la eficiencia energética.	Se produce información completa de uso y consumo de energía.	Existen competencias altas en eficiencia energética y se gestiona su desarrollo.
En desarrollo	Existe política de eficiencia energética.	Existe un cargo formal de eficiencia energética.	Existen coordinaciones periódicas por temas de eficiencia energética.	Se realizan ritos asociados a eficiencia energética.	Existen procesos formales implementados, que apoyan la eficiencia energética.	Se produce información parcial de uso y consumo de energía.	Existen competencias medias en eficiencia energética y se gestiona su desarrollo.
Emergente	Existe política de sustentabilidad.	Existen roles y responsabilidades asociadas a eficiencia energética.	Existen coordinaciones esporádicas por temas de eficiencia energética.	Existe consciencia acerca de eficiencia energética.	Existen procesos informales funcionando, que apoyan la eficiencia energética.	Existe data parcial de uso y consumo de energía.	Existen competencias básicas en eficiencia energética y no se gestiona su desarrollo.
Novato	No existen políticas de eficiencia energética.	No hay roles ni responsabilidades asociadas a eficiencia energética.	No existen coordinaciones por temas de eficiencia energética.	No existe consciencia acerca de eficiencia energética.	No existen procesos funcionando, que apoyan la eficiencia energética.	No existe información de uso y consumo de energía.	No existen competencias asociadas a eficiencia energética.
	Estrategia	Organización	Gobierno y Toma de Decisiones	Identidad y Cultura	Procesos y Sistemas	Información	Personas

Fuente: AChEE (Agencia Chilena de Eficiencia Energética).

Según el modelo de madurez actual en gestión de energía, la empresa minera evaluada se encuentra en la posición de emergente, y siguiendo la recomendación de la norma ISO 50001, en su primera etapa planeamiento, se tiene que trabajar en la generación de una política de eficiencia energétic

Crecimiento y aportes de la industria minera

Según Osinergmin en su libro ¨**La industria de la minería en el Perú**¨ durante los tres primeros quinquenios de este siglo, el Perú ha experimentado un notable crecimiento económico impulsado, en gran parte, por el precio de los metales.

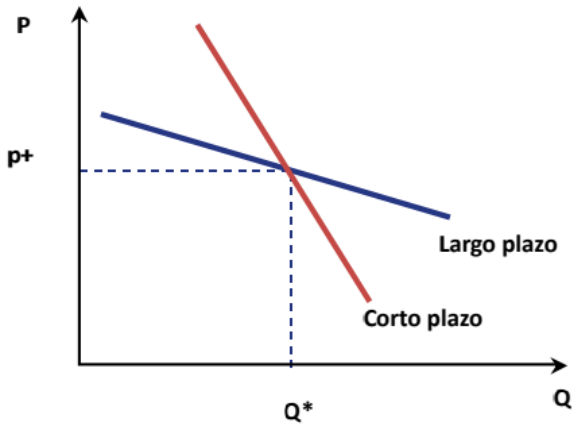
El sector minero en el Perú ha tenido un impacto importante en una serie de variables económicas y sociales en los últimos años.

Las exportaciones mineras significaron, entre 2002 y 2015, el 77% del valor total de las exportaciones peruanas (promedio anual). Durante esos años, las inversiones mineras crecieron 1131%; es decir, se multiplicaron en cerca de doce veces.

Osinergmin ha realizado algunas estimaciones del impacto de la minería en la economía peruana utilizando un "modelo de equilibrio general computable". Se estima que un aumento del 19% en el precio del cobre produciría un incremento en el Producto Bruto Interno (PBI) de 1.28% y de 0.88% en el resultado fiscal. Por otro lado, si aumenta la producción de cobre en 28%, el PBI se incrementaría en 1.35% y el resultado fiscal en 0.92%.

Se presume que la elasticidad del precio de la demanda de metales a corto plazo es inferior a 1, es decir inelástica.

Gráfico 4. Curvas de la demanda de metales a corto y largo plazo.



Fuente: (Tilton) 1985. Elaboración: GPAE – Osinergmin

El Perú figura entre los cuatro países con mayor cantidad de reserva de metales en el mundo a excepción del oro, eso significa que todavía tenemos para seguir explotando este recurso.

Tabla 6. Uso de materias primas y reservas

Producto	Usos y sustitutos	Ranking de países en las reservas mundiales 2015
Cobre	En equipos eléctricos, radiadores de autos y refrigeradoras. El aluminio podría sustituirlo en varios productos. El titanio, el acero, la fibra óptica y el plástico podrían ser sustitutos en ciertas aplicaciones.	Chile (1´), Australia (2´), Perú (3´) y México (4´)
Zinc	Revestimientos galvanizados de zinc para hierro y acero, productos de aleación fundida, pigmentos y óxido de zinc en la fabricación de caucho. Los sustitutos incluyen plásticos, aluminio y magnesio en fundición a presión	Australia (1´), China (2´), Perú (3´) y México (4´)
Plata	En joyería, papel fotográfico, películas, enchapado en vajilla, espejos, aplicaciones dentales y monedas. Los sustitutos incluyen acero inoxidable, aluminio y rodio, tantalio y oro en ciertas aplicaciones.	Perú (1´), Australia (2´), Polonia (3´) y Chile (4´)
Plomo	Baterías de plomo ácido; entre otros usos incluyen protección en la radiografía médica, en la construcción se usan como intermitentes, pesos y aditivos de vidrio. Los sustitutos son el plástico, el aluminio, el estaño y el acero en ciertas aplicaciones.	Australia (1´), China (2´), Rusia (3´) y Perú (4´)
Oro	En joyería y en aplicaciones eléctricas y electrónicas. Los posibles sustitutos serían el paladio, el platino y la plata.	Australia (1´), Rusia (2´), Sudáfrica (3´) y EEUU (4´)

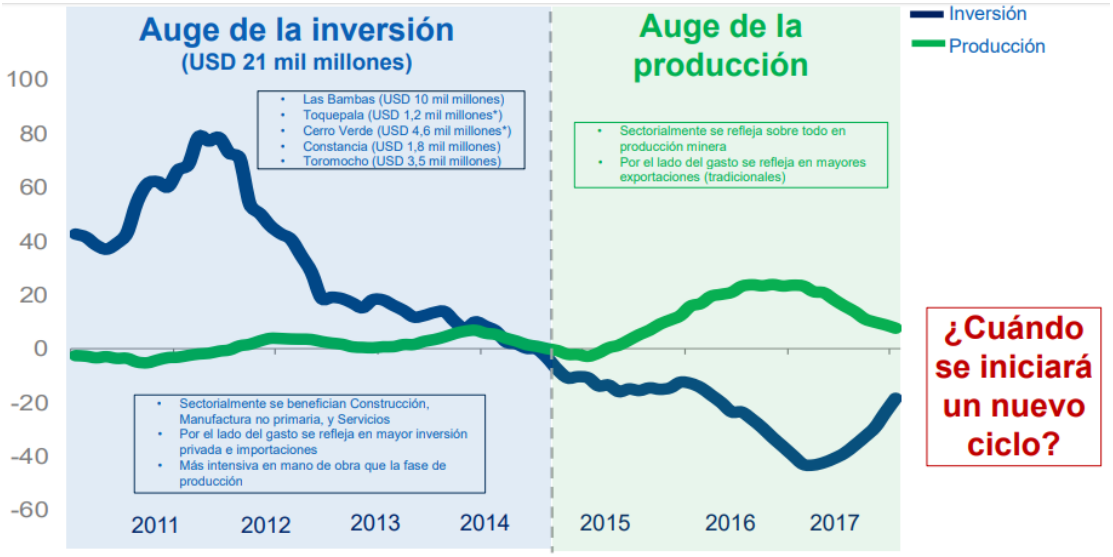
Fuentes: Tumialán (2003), Espinoza, Kauliche, Lumbreras y Santillana (2010). Elaboración: GPAE- Osinergmin

Aporte de la minería al PBI en Perú

La actividad minera tiene un papel importante en la economía peruana porque genera valor agregado, aporta 10% al producto bruto interno (PBI) y 59% al valor de las exportaciones, también genera mayores divisas e ingresos fiscales por impuestos, genera empleos directos e indirectos y mejora del crecimiento potencial de la actividad económica; además de atraer inversiones de capitales nacionales y extranjeras.

Como se muestra en la gráfica siguiente desde el año 2017 tenemos un ligero incremento en las inversiones de la actividad minera en el país, esto debido principalmente al mejor manejo de los conflictos sociales.

Gráfico 5. Ciclo de la actividad minera metálica: inversión y producción



Fuente: MINEM, BCRP, y BBVA Research

El precio de los metales, como son el cobre y zinc desde el año 2016 tienen un acumulado de crecimiento positivo.

Gráfico 6. Precios del Cobre y Zinc en los últimos años

Fuente: BCRP, BBVA Research y FMI

A continuación, se muestra la curva de inversión minera del 2016 al 2017, detallando la participación por tipo de componente (infraestructura, exploración, equipamiento):

Gráfico 7. Inversión del sector minero a partir del 2016

Fuente: MINEM

La **baja ley de cobre** presiona los costos asociados a la minería. Según el Ministerio de Minería de Chile, se entiende por baja ley cuando existe menos al 1% de cobre puro en 100Kg. de roca mineralizada. Más aún al ser el cobre un *commoditie*, del cual las empresas mineras son tomadoras de precio, entonces los mayores márgenes de utilidades provienen de básicamente menores costos o mayores precios. La demanda de cobre pudiese asegurar el precio, sin embargo, el costo de producción tiene dentro de su matriz de construcción una componente fuerte en el consumo de energía eléctrica.

En la actualidad, Perú tiene una cartera de proyectos de construcción en minería que consta de 49 proyectos con un monto global de inversiones de US$ 58,507 millones, como país emergente aumentará su consumo energético, para lo cual necesariamente debe asegurar la disponibilidad de energía.

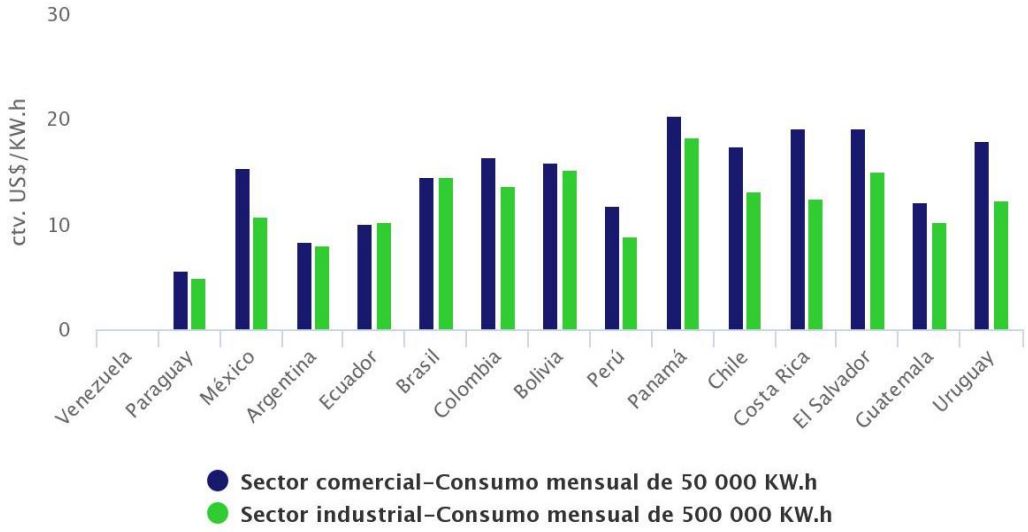
Uno de los retos actuales más comunes que enfrentan las empresas mineras es minimizar el consumo de energía en sus operaciones. Por su naturaleza, el negocio minero es un alto consumidor energético, por tanto, es una variable importante que conviene controlar.

En los Estados Unidos (EEUU), el uso de combustibles fósiles durante la operación de una mina representa la mayor parte del consumo total de energía, siendo este de un 35 %,

seguido por la electricidad en un 32%. Por eso, reducir el consumo de energía no solo causaría un ahorro significativo para las operaciones de una mina debido al menor consumo de energía eléctrica,
también se reducirían las emisiones de gases de efecto invernadero al medio ambiente, compromiso asumido por Perú.

Según el presidente del Instituto de Ingenieros de Minas del Perú (IIMP), Luis Rivera; el sector minero triplicó su consumo anual de energía entre el 2005 y 2018, al pasar 5,737 Gigavatios-hora (GWh) a 16,090 GWh.
Uno de los grandes consumidores de energía en el sector minero es el acarreo, el transporte de mineral, que hoy en día se hace en su mayoría utilizando camiones que queman combustible diésel. El Perú tiene uno de los costos promedio de energía eléctrica más baja de la región para el sector industrial, este precio de la energía es atractivo para los inversionistas.

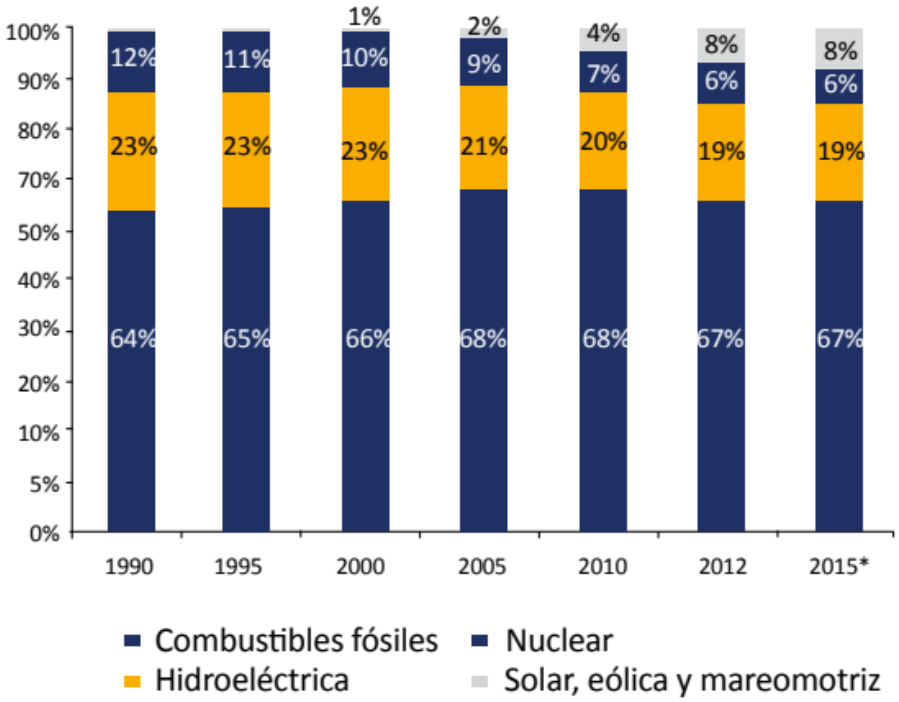
Gráfico 8. Tarifas eléctricas sector industria y comercio en Latinoamérica



Fuente: GRT – Osinergmin

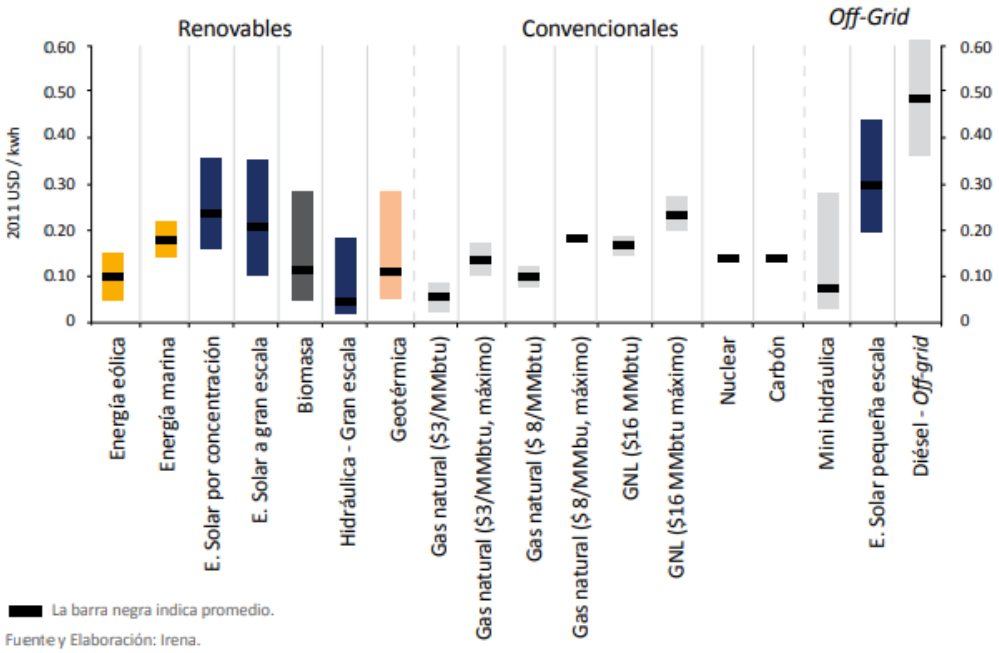
El uso de energía renovable va en aumento en el mundo, esto significa también una reducción en los precios para acceder a este tipo de energía, renovable y limpia.
Esto representa una buena alternativa de inversión en el mediano plazo como fuente de suministro de energía eléctrica para las empresas.

Gráfico 9. Evolución del parque de generación de energía eléctrica a nivel mundial



Fuente: Osinergmin

Gráfico 10. Costos de energía según el tipo de tecnología



Fuente: Irena

2.3 Contexto de la investigación

Si la implementación de la gestión energética puede contribuir a la disminución de los costos por energía eléctrica en una empresa minera, el contexto de la investigación se va a llevar a cabo al taller de mantenimiento de los equipos de acarreo de la mina.

Actualmente una sola empresa minera de la mediana minería tiene la certificación ISO 50001 en el Perú recientemente obtenida en el año 2018, no se ha encontrado evidencia ni registro de certificación de una empresa de la gran minería, por lo tanto la empresas en mención puede ser la pionera a nivel nacional en iniciar las gestiones para conseguir la certificación.

CAPITULO III
METODOLOGÍA

3.1 Diseño de la investigación

Por su naturaleza la investigación es del tipo proyecto solución, donde se identifica el consumo de energía y su costo actual del taller de mantenimiento, luego de determinan los indicadores de eficiencia energética necesarios y se calcula el consumo de energía eléctrica actual; basado en la metodología de la norma ISO 50001 se realiza el cambio del sistema de iluminación, se evalúa el nuevo consumo de energía, costo, ROI y el ahorro que en costo que esto representa para la empresa.

La empresa cuenta con 3 certificaciones de sistemas de gestión implementados, ya se tiene experiencia en este tipo de certificaciones ISO, por lo tanto la implementación de los requisitos se puede simplificar, debido a que estos ya hayan sido desarrollados y solo necesiten algunas modificaciones para el SGE, siendo la documentación en base a procedimientos de gestión, la que sería necesario implementar. Para ello, se necesitaría documentar:

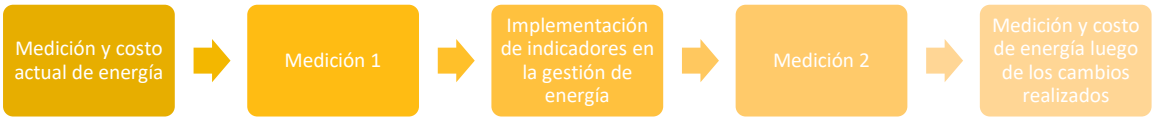
- Plan de eficiencia energética.
- Plan de medición de energía.
- Procedimiento de aplicación de criterios de eficiencia energética en la adquisición de servicios de energía, productos, equipos.
- Procedimiento para la aplicación de los criterios de eficiencia energética en proyectos, términos de referencia o bases de licitación.

Un aspecto clave son los entrenamientos y capacitaciones, donde los trabajadores de todas las áreas, deberán recibir entrenamiento relacionado a la norma ISO 50001, en temas tales como: uso eficiente de la energía, procedimiento de adquisición de equipos de alta eficiencia, diseño con criterios de eficiencia energética; así como cursos externos y certificaciones de profesionales claves en temas de eficiencia energética. En cuanto a las herramientas del SGE, la implementación de Indicadores de Desempeño Energético llevará un control en línea, en tiempo real, de los parámetros que definen la eficiencia de los procesos, de esta manera, con la gestión de indicadores de gestión energética y su integración a las variables de gestión de la compañía, se asegura la vinculación del SGE a los objetivos corporativos.

El proyecto es viable porque en primer lugar debe atender las oportunidades de ahorro a costo cero, es decir creación de política de eficiencia energética, cambios y creación de procedimientos, entrenamiento y capacitación, mejora y actualización de procesos y todas aquellas mejoras que no represente inversión económica alguna para la compañía. Luego se debe generar una cultura en los trabajadores para mantener las mejoras en los procesos. Más allá del punto de vista del ahorro para la empresa, se debería considerar como un aporte al cuidado del medio ambiente, mejorando la imagen de la organización. Finalmente la ingeniería de los proyectos que se están desarrollando deben considerar la eficiencia energética a la hora de decidir la compra de nuevos equipos, así como invertir en aquellos proyectos que generen un ROI positivo y en el mediano tiempo como es el cambio de tecnología de equipos de iluminación.

3.2 Metodología de implementación de la solución

La metodología a implementar para demostrar la hipótesis se comprueba si se genera un ahorro económico y de consumo de energía eléctrica, comparando el ahorro generado antes y después de la implementación del sistema de Gestión de Energía.



Fuente: Elaboración propia

3.3 Metodología para la medición de resultados de la implementación

La información del consumo de energía se obtiene del cálculo realizado multiplicando la cantidad de equipos instalados por su potencia nominal y las 24 horas del día que se encuentran encendidos; esta información es contrastada con los medidores de consumo de energía instalados en los tableros de distribución del sistema eléctrico que alimenta a este taller. Con la información de consumo de energía se evalúa y cuantifica alternativas de ahorro de energía y por consiguiente el impacto económico que también representa.

En la siguiente tabla se muestra en histórico de consumo de energía actual del taller de mantenimiento mecánico mediante el uso de la iluminación con equipos convencionales como son los de alta presión de mercurio y alta presión de sodio.

Tabla 7. Costo de iluminación convencional actual

ILUMINACION CONVENCIONAL ACTUAL										
Año	Lugar	Iluminación utilizada	Potencia Unitaria (W)	Unidades	Potencia Total (W)	Días de uso anual	Horas de uso diario	Consumo Mensual (KwH)	Costo (KwH)	Consumo Anual Dólares
2013	Taller	Lámpara High Bay	1000	60	60000	365	24	525600.00	0.05	$26,280.00
2014	Taller	Lámpara High Bay	1000	60	60000	365	24	525600.00	0.053	$27,856.80
2015	Taller	Lámpara High Bay	1000	60	60000	365	24	525600.00	0.061	$32,061.60
2016	Taller	Lámpara High Bay	1000	60	60000	365	24	525600.00	0.065	$34,164.00
2017	Taller	Lámpara High Bay	1000	60	60000	365	24	525600.00	0.07	$36,792.00
2018	Taller	Lámpara High Bay	1000	60	60000	365	24	525600.00	0.073	$38,368.80

Fuente: Elaboración propia

Para el presente trabajo de investigación el costo y consumo de energía que se va a usar es el calculado del año 2018, es decir 525 600KWH que representa un costo de US$ 38, 680.

En una empresa minera, las etapas de producción donde se consume mayor cantidad de energía son en: transporte de mineral, chancado y planta concentradora.

La implementación, y seguimiento de un indicador de eficiencia energética, nos permite medir el consumo de energía en combustible y energía eléctrica en las diferentes etapas productivas

de una empresa minera. Se sabe que, si no tenemos medición de una variable, no podemos realizar alguna estrategia de gestión y optimizar dicha variable.

Según la Dirección de Estudios y Políticas Públicas del Ministerio de Minería de Chile, en su informe "Construcción de Indicadores de Eficiencia Energética en Minería" (Comisión Chilena del Cobre, 2014), propone las siguientes consideraciones para las 02 principales fuentes de energía en el proceso de producción de una empresa minera.

CAPITULO IV
ENTORNO EMPRESARIAL

4.1 Descripción de la empresa

El presente estudio se realiza a una empresa minera polimetálica que produce concentrados de cobre, zinc, molibdeno, plata y plomo a tajo abierto. La mina está ubicada en la Región Ancash, a una altitud promedio de 4,500 msnm y pertenece a la gran minería en el Perú.

En la actualidad, es uno de los mayores productores peruanos de concentrados de cobre y zinc y una de las diez minas más grandes del mundo en términos de volumen de producción.

Los recursos minerales que se obtienen provienen del subsuelo. Estos recursos son procesados en la *concentradora*, luego, y gracias al *mineroducto*, son trasladados hacia un puerto de la costa peruana donde finalmente son embarcados en buques para su exportación.

4.2 Mapa de procesos actual

El proceso de producción de la empresa minera podría explicarse de la siguiente manera:

Voladura

El minado en el tajo es la parte inicial del proceso productivo. Ahí la voladura del suelo es necesaria para extraer el mineral del subsuelo. Una vez que el material es fragmentado por el minado se procede a cargar el mineral –aún mezclado con piedras y tierra– mediante las palas eléctricas para que sean trasladadas a la *chancadora* en nuestra flota de maquinaria pesada.

Chancado

El mineral es acarreado hacia la *chancadora* primaria donde los grandes bloques de mineral son reducidos hasta en cinco pulgadas. De esta manera quedan en óptimas condiciones para ser trasladados mediante la faja a la planta *concentradora*.

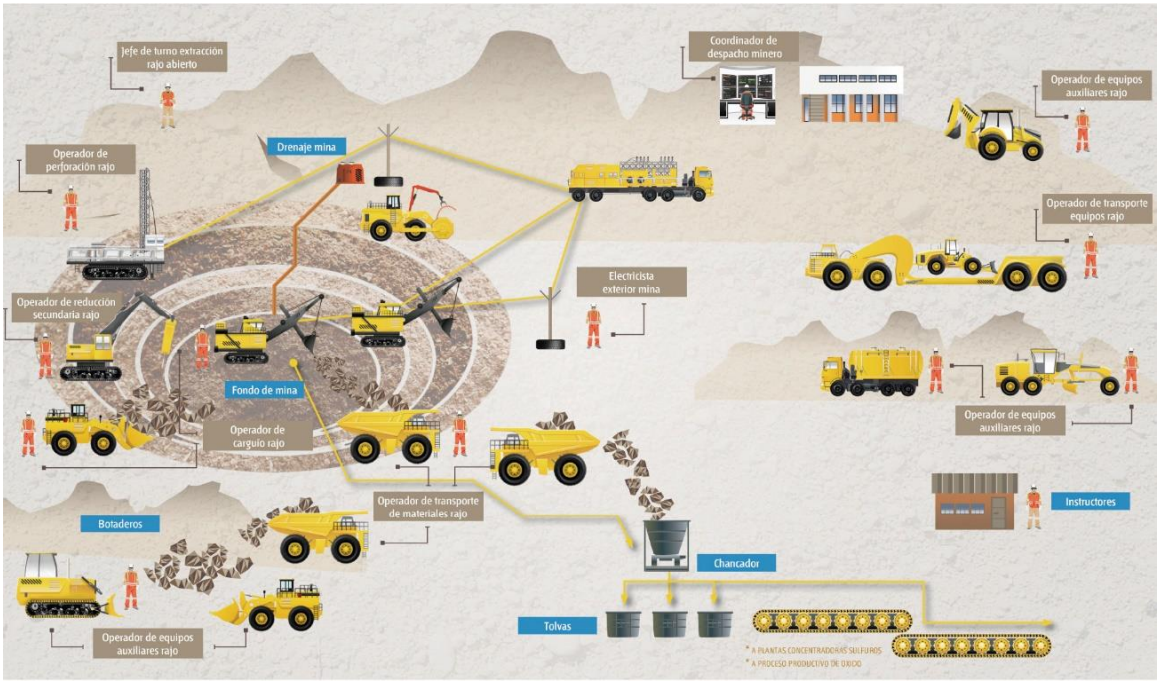
Molienda

La planta concentradora se encarga de la recepción del mineral enviado por la chancadora primaria y de distribuirla con el brazo radial (stacker) en stockpiles (pilas de mineral) en el exterior de la planta.

Flotación

Una vez en esta etapa, se ejecuta el traspaso de la pulpa (agua y mineral) a las celdas de flotación donde se recupera el cobre y/o zinc, plata, plomo y molibdeno, según corresponda el plan de minado. Los mismos que son trasladados a través de una tubería hacia la costa Peruana.

Figura 13: Extracción del mineral a tajo abierto



Fuente: Consejo de Competencia Minera

CAPITULO V
DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

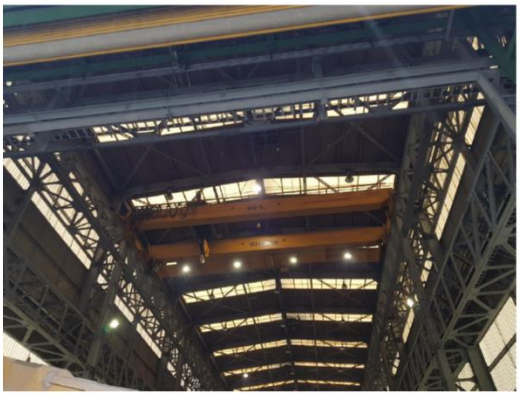
5.1 Determinación y evaluación de alternativas de solución

Para determinar el beneficio del proyecto se evaluaron varias alternativas, realizando una evaluación de riesgo se consideró los siguientes escenarios.

Alternativa 1. No realizar ningún proyecto, significaba seguir con el gasto anual de mantenimiento de $ 30,500 dólares y continuar pagando por consumo de energía

eléctrica $ 38,368 dólares, lo que representa más de dos veces de lo que costaría una iluminación con tecnología LED.

Figura 14. Taller de mantenimiento



Alternativa 2. No realizar ningún proyecto ni actividades de mantenimiento, significa un ahorro en el gasto anual de mantenimiento por $ 30,500 dólares y continuar pagando por consumo de energía eléctrica $ 38,368 dólares. Al no realizar trabajos de mantenimiento se genera un ahorro de $ 30,500 dólares pero se incrementa la posibilidad de accidente del personal debido a una mala calidad en el sistema de iluminación y correr el riesgo de alguna multa por parte de OSINERGMIN al no cumplir con los mínimos valores de iluminación en el taller de mantenimiento.

Alternativa 3. Realizar el proyecto de cambio de iluminación con tecnología LED, significaría un costo de inversión inicial de $ 118,000 dólares con un retorno de la inversión anual de USD 22,600 dólares por concepto de menor consumo de energía de la tecnología LED. Esto representa un ROI de 19%, es decir en menos de cinco años se consigue el retorno de inversión.

Figura 15. Vista de la iluminación en proceso de cambio en el taller de mantenimiento

5.2 Propuesta de solución

Para realizar el proyecto de cambio del tipo de luminaria, se conversó primero con el área operativa, debido al incremento en el costo inicial que significaba esta inversión y porque no existe aún una política energética en la compañía se tuvo gestionar el proyecto con los estándares de gestión de proyectos y buenas prácticas que tiene la compañía.

Es así que se realizó el proyecto siguiendo las buenas prácticas, las cuales se atendió en las siguientes etapas:

a.- Definir bien en qué consiste el proyecto. Sé realizo una presentación detallada de las condiciones actuales del sistema iluminación, identificando la falla constante de los equipos por perturbaciones eléctricas, costo de reposición en mano de obra y repuestos anuales por mantenimiento.

Tabla 8. Costo anual de mantenimiento en el sistema de iluminación actual

Condiciones actuales de gastos de iluminación			
	Costo unitario	Cantidad de cambio	Costo
Costo de equipo de iluminación	$ 500.00	15	$ 7,500.00
Costo en mano de obra semestral			$ 11,500.00
	Costo de mano de obra anual		$ 23,000.00
	Costo Anual de Mantenimiento		**$ 30,500.00**

Fuente: Elaboración propia

Se identificó el costo actual de mantenimiento en USD 30,500 dólares anuales. Debido a las constantes fallas de los equipos por perturbaciones en el sistema eléctrico, el actual equipo instalado Highbay de alta presión de mercurio no soporta las fluctuaciones del sistema eléctrico generando un alto costo de mantenimiento anual por reemplazo y el riesgo que representa trabajar en un taller con un bajo nivel de iluminación por posible incremento de accidentes laborales por una deficiencia en la cantidad de Lux que debe cumplir el taller según el DS024. En el presente trabajo de investigación no se considera como ahorro el gasto de mantenimiento luego de realizar el cambio del sistema de iluminación convencional a LED, debido a que son equipos nuevos en nuestras instalaciones y no sabemos la performance y pueden también presentar fallas prematuras. Todo el ahorro calculado es solamente por el menor consumo de energía eléctrica.

b.- Establece las metas y objetivos que quieres alcanzar. Las metas que se quieren alcanzar al desarrollar el proyecto son:

- Primero reducir a menos de la mitad los costos de consumo de energía alineados con los compromisos de la empresa de aportar en el pan de eficiencia energética del país.
- Segundo reducir en un 50% el costo de mantenimiento y reposición anual de equipos de iluminación.
- Tercero mejorar la calidad del sistema de iluminación del taller garantizando los 150 Lux que exige el DS024.
- Cuarto eliminar los accidentes por una mala iluminación.

c.- Definir la estrategia. -

Para realizar este proyecto se tuvo que convocar a una reunión donde participó al área usuaria, a logística y al líder del proyecto el departamento de electricidad, para presentar el proyecto y que el área usuaria asuma el costo de la inversión considerando los beneficios en el ahorro de consumo de energía, logística acepte el ingreso de una nueva marca y sea considerado como un nuevo ítem de stock de repuesto y el departamento eléctrico que por la especialidad tiene que ser el líder del proyecto.

d.- Identificar los parámetros que definan el éxito del proyecto.-

Los parámetros que garanticen el éxito del proyecto están relacionados con las metas y deben ser las siguientes:

- Costo de consumo de energía eléctrica / metro cuadrado del taller.
- Costo de mantenimiento anual / total de equipos de iluminación.
- Medición de intensidad de iluminación mensualmente debe ser mayor a 150 Lux.
- Cero accidentes registrables por una mala iluminación.

e.- Identificar la ruta crítica o cuello de botella.-

Al planificar cada una de las actividades del proyecto se identificó el principal cuello de botella. Debido a que no se tiene una plataforma donde posicionarse para realizar el trabajo de cambio de los equipos de iluminación, se tuvo que utilizar el puente grúa que es el equipo principal usado constantemente en las reparaciones del taller, es decir se paralizaron las labores

de reparación retardando los trabajos en el taller afectando la disponibilidad de los equipos. Pero fue necesario realizarlo de esa forma debido a que no se tenía otra opción.

5.3 Medición de solución

Medición y costo de energía luego de los cambios realizados

Luego de realizar el cambio de todo el sistema de iluminación del taller de mantenimiento se tiene un consumo de energía de 210,240 KWH a un costo por energía eléctrica de $15,768 dólares, conforme se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 9. Consumo de energía en taller de mantenimiento año 2019

ILUMINACION LED										
Año	***Lugar***	***Iluminación utilizada***	***Potencia Unitaria (W)***	***Unidades***	***Potencia Total (W)***	***Días de uso anual***	***Hora de uso diario***	***Consumo Mensual (KwH)***	***Costo (KwH)***	***Consumo Anual Dólares***
2019	Taller	Lámpara High Bay	400	60	24000	365	24	210240	0.075	$15,768.00

Fuente: Elaboración propia

Con el resultado de ahorro en el consumo de energía, queda demostrada la hipótesis que al implementar un modelo de Gestión de Energía en la empresa minera, genera ahorros económicos.

En una empresa minera, las etapas de producción donde se consume mayor cantidad de energía son en: transporte de mineral, chancado y planta concentradora.

La implementación, y seguimiento de un indicador de eficiencia energética, nos permite medir el consumo de energía en combustible y energía eléctrica en las diferentes etapas productivas de una empresa minera. Se sabe que, si no tenemos medición de una variable, no podemos realizar alguna estrategia de gestión y optimizar dicha variable.

Según la Dirección de Estudios y Políticas Públicas del Ministerio de Minería de Chile, en su informe "Construcción de Indicadores de Eficiencia Energética en Minería" (Comisión Chilena del Cobre, 2014), propone las siguientes consideraciones para las 02 principales fuentes de energía en el proceso de producción de una empresa minera.

Propuestas de Indicadores de gestión de energía en una empresa minera:

Consumo de combustibles:

El consumo de combustibles representa más del 60% del consumo energético total del proceso de la mina; específicamente en el consumo de energía (combustibles) en subproceso de transporte.

Consumo de electricidad:

La minera contiene una serie de procesos unitarios que consumen energía eléctrica, donde los más importantes son el Chancado Primario y la Planta Concentradora que representa el 75% del consumo de energía eléctrica. En la tabla 4, se detalla los indicadores sugeridos para implementar en la empresa.

Tabla 10. Indicadores de desempeño energético por procesos

Indicador inicial de consumo de electricidad en iluminación KWH/m2	*35.04*
Indicador final de consumo de electricidad en iluminación KWH/m2	*14.02*

Fuente: Elaboración propia

5.3.1 Método de análisis de datos

Para el presente estudio se va a utilizar el **indicador de costo por consumo de electricidad en iluminación en el taller de mantenimiento**, es una data que se ha obtenido en los últimos seis años. El sistema de iluminación que se tiene es constante las 24 horas del día. Este indicador es el más representativo para determinar si la gestión energética puede contribuir a la disminución en los costos de consumo de energía eléctrica.

Tabla 11. Indicadores de costos por consumo de electricidad en taller de mantenimiento

Consumo energético	Indicador de desempeño energético	Unidades
Consumo de electricidad para iluminacion de oficinas	Consumo eléctrico por unidad de superficie Consumo eléctrico por trabajador	KwH/m2 KwH/trabajador
Consumo de electricidad para iluminación taller de mantenimiento	Consumo eléctrico por unidad de superficie Consumo eléctrico por trabajador	KwH/m2 KwH/trabajador
Consumo de combustible equipo de acarreo	Galones de combustibles por tonelaje de material movido	Galones/Tonelaje movido
Consumo de energía eléctrica en Chancadora Primaria	Energía eléctrica por tonelaje de mineral chancado	KwH/Tonelaje chancado
Consumo de energía eléctrica en Molienda	Energía eléctrica por tonelaje de mineral molido	KwH/Tonelaje molido

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO VI

EVALUACIÓN ECONOMICA FINANCIERA

6.1 Evaluación económica-financiera del proyecto solución

Identificar el costo de inversión y ROI.-

Se realiza la evaluación de la propuesta de inversión para el proyecto de cambio de luminaria.

Tabla 12. Costo total de inversión del proyecto

INVERSION DEL PROYECTO	
Año	2019
Lugar	Taller
Tiempo de ejecución	15 días
Cantidad de equipos instalados	60
Costo de equipo	$ 1,500.00
Costo de inversion en materiales	$ 90,000.00
Costo de instalación	$ 28,000.00
Costo total del proyecto	**$ 118,000.00**

Fuente: Propia

Tabla 13. ROI del Proyecto

Retorno de la inversión por consumo de energía anual	*$22,600.80*
Inversión Total	*$118,000.00*

ROI	*19%*
Como el ROI es positivo, el proyecto es rentable	

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar el proyecto es viable y se tiene un retorno de la inversión en menos de 5 años solamente por concepto de consumo de energía, no se considera el retorno de la inversión por concepto de mantenimiento debido a que a pesar que los equipos tienen una garantía de 08 años, se va a realizar un gasto en caso fallen algunos equipos.

6.2 Evaluación de Costo/Beneficio

Para saber que es una evaluación o análisis costo beneficio recurriremos a la definición que han efectuado diferentes personalidades e instituciones sobre el particular.

Para **Eduardo Contreras (2004,9)**, «La evaluación de proyectos, o evaluación de inversiones, o análisis costo-beneficio, consiste en comparar los costos (de inversión y operación) del proyecto con los beneficios que este genera, con el objeto de decidir sobre la conveniencia de su realización. Para poder llegar a comparar los costos con los beneficios, previamente es necesario identificarlos, medirlos y valorarlos. La identificación de costos y beneficios consiste en determinar, en forma cualitativa, los impactos positivos y negativos que genera el proyecto.

Para **Diego Azqueta (2007, 162),** «[…] el análisis coste-beneficio no es sino la formalización de una práctica cotidiana: sopesar las ventajas e inconvenientes de una determinada ALTERNATIVA, sea en sí misma o en comparación con otras. Esto es algo que las personas realizan todos los días, con mayor o menor rigor, en función de la importancia de la decisión a tomar».

Para **Mejía Trujillo (2008, 14),** el ACB es una herramienta para tomar decisiones y que sirve para saber qué acciones son más convenientes para una persona o para la sociedad en su conjunto. Refiere también a Cantó Leandro cuando señala que el ACB «se trata de una manera de saber si un acto cualquiera produce más beneficios para quienes lo realizan que lo que le puede costar».

Para **León Lecca (2004)** «el análisis costo-beneficio es un concepto que está presente en toda conducta humana y en consecuencia en toda toma de decisiones. Así lo han demostrado las nuevas fronteras de la economía que extiende el análisis microeconómico a diversas facetas de la acción humana». Asimismo menciona que una característica importante observada en el accionar humano es que siempre prefieren más satisfacción.

Beneficios de la eficiencia energética

En la "Guía para Calificación de Consultores en Eficiencia Energética" (AChEE, s.f.) identifica que los beneficios individuales de la Eficiencia Energética se pueden clasificar en beneficios directos y beneficios indirectos:

Los beneficios directos están directamente vinculados y se pueden cuantificar a partir del ahorro en la fuente de energía respectiva debido a la mayor Eficiencia Energética, entre ellos están:

- Un menor consumo de energía ya sea energía eléctrica, combustible o alguna fuente renovable. En el caso de la energía eléctrica, disminuye su consumo y la demanda o potencia máxima en horario punta y fuera de punta.
- Menor gasto variable en abastecimiento energético o ahorros respecto a la línea base previa a un proyecto de Eficiencia Energética.
- Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, debido al menor consumo de combustible en la industria; este hecho es importante en zonas latentes y saturadas en calidad del aire y la legislación ambiental debe avanzar en el reconocimiento de estas menores emisiones.
- El flujo de caja de inversiones en sistemas de mayor Eficiencia Energética es menos sensible a fluctuaciones en los precios de los combustibles y electricidad que sistemas de menor Eficiencia Energética, beneficio y ventaja destacable de la Eficiencia Energética en un escenario de incertidumbre en dichos precios en el periodo de evaluación y operación de cualquier proyecto.

Los beneficios indirectos corresponden a aquellos que se perciben en otros puntos de un proceso como consecuencia de la mayor Eficiencia Energética en alguna parte de la industria; se deben a la vinculación que existe entre los usos de la energía con otros aspectos de producción. Los beneficios indirectos no siempre son posibles de cuantificar, sin embargo, deben ser considerados o valorados de alguna manera al realizar la evaluación económica de proyectos de Eficiencia Energética. La magnitud de estos beneficios depende de la dimensión y alcance de la mayor eficiencia energética; los siguientes son algunos ejemplos:

- Hacer Eficiencia Energética involucra mejoras en la operación y mantenimiento de los sistemas, lo que también conlleva a: disminución de fallas inesperadas, mayor confiabilidad, menos pérdidas de producción, mayor productividad y reducción de costos de producción.
- Mejorar la imagen corporativa de la empresa y el ánimo del personal al estar en un “mejor” lugar de trabajo, lo que por ende mejorará su productividad.

- Mejor confort ambiental y calidad de vida del personal en su puesto de trabajo debido a la reducción de las pérdidas, con la consiguiente mayor productividad.
- Reducción de los riesgos de accidentes, por ejemplo, caídas y/o tropiezos por una mala iluminación en los talleres de mantenimiento.

El cambio en el sistema de iluminación representa un ahorro solamente por consumo de energía de $ 22,600.80 dólares, sin considerar gastos de mantenimiento.

Tabla 14. Ahorro en consumo de energía año 2019

Costo de energía con iluminación convencial año 2018	*$38,368.80*
Costo de energía con iluminación LED año 2019	*$15,768.00*
Ahorro en consumo de energía	*$22,600.80*

Fuente: Elaboración propia

En resumen, el análisis Costo-Beneficio es un método, una técnica, una metodología, una herramienta, un marco conceptual y un concepto que se utiliza para tomar decisiones teniendo en cuenta los costos y los beneficios de las acciones propuestas. Consideran los diversos autores también que se utiliza para evaluar proyectos de inversión, es un concepto que está en la toma de decisiones, que es realizado por todos los agentes económicos llámense individuos, empresas y Estado y que, a veces, se hace de manera automática, aun sin darse cuenta, antes de tomar una decisión.

6.3 Evaluación Financiera

Se realiza la evaluación financiera del proyecto analizando los flujos futuros de ingresos y egresos que tendrá el proyecto VAN, para determinar si luego de la inversión inicial, nos quedaría una ganancia y como el resultado es positivo VAN = $ 5,193 dólares, se determina que el proyecto es viable.

Para hallar la rentabilidad de las inversiones o la tasa de interés que genera un proyecto hallamos la TIR que es mayor a la tasa de descuento K; por lo tanto si ***TIR > K,*** habrá una ganancia por encima de la tasa.

Tabla 15. Estados Financieros

	Años	0	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
	Inversion	$ -118,000.00								
Costo estimado de energía			0.075	0.077	0.079	0.08	0.084	0.085	0.087	0.09
INGRESO			$ 22,600.00	$ 23,202.67	$ 23,187.01	$ 22,886.08	$ 23,730.00	$ 22,869.05	$ 23,131.76	$ 23,379.31
BENEFICIO			$ 22,600.00	$ 23,202.67	$ 23,187.01	$ 22,886.08	$ 23,730.00	$ 22,869.05	$ 23,131.76	$ 23,379.31
Flujo caja		$ -118,000.00	$ 22,600.00	$ 23,202.67	$ 23,187.01	$ 22,886.08	$ 23,730.00	$ 22,869.05	$ 23,131.76	$ 23,379.31
	VAN	$ 5,193.77							K	10%
	TIR	11.19%								

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

El ahorro de energía eléctrica a través de un modelo de gestión permite lograr ahorros económicos significativos de $22,600.80 dólares, lo que representa el 58,9% del costo total anual. Los resultados obtenidos con un enfoque sistémico permiten se sostenga en el tiempo y lleve a la excelencia operativa.

El uso de los indicadores de gestión energética ha contribuido a la disminución de los costos por consumo energía eléctrica en el taller de mecánica de camiones, porque nos permite cuantificar la diferencia económica mediante el uso de una tecnología del tipo LED.

El ROI del proyecto de cambio de tecnología de iluminación, alineado con el Sistema de Gestión de Energía en el taller de mantenimiento mecánico de camiones es positivo, teniendo un retorno de la inversión de aproximadamente 05 años.

El índice de eventos de seguridad industrial en el taller de mantenimiento mecánico de camiones se redujo a cero, debido a la mejor iluminación y constante que se tiene a raíz del cambio realizado.

El cambio de tecnología en el sistema de iluminación es importante, debido a que es más económica en un mediano plazo y cuando su vida útil se termine los desechos no son perjudiciales para el medio ambiente.

Esta investigación confirma que la incorporación de la eficiencia energética a nivel estratégico de una empresa ayuda a que estas mejoren su desempeño energético en su operación.
En ocasiones la no implantación de sistemas de gestión eficiente y las pérdidas de energía están originadas por el desconocimiento que tiene la dirección y los técnicos de las empresas en cuanto a las oportunidades que estos sistemas brindan, donde los aportes que traen para la empresa, justifica el uso de los recursos humanos, materiales y financieros necesarios.

Dar cumplimiento a los requisitos establecidos por la norma ISO 50001, garantiza la mejora continua del desempeño energético de la empresa minera, conduciendo a la organización a buscar continuamente la reducción de su consumo de energía, aumentando la eficiencia energética de sus procesos e identificando la mejor y más adecuada forma de uso de la energía necesaria para viabilizar sus actividades.
Una vez finalizado el proyecto, se puede denotar que es posible ahorrar energía en la mayoría de las instalaciones donde se tiene encendida las 24 horas del día el sistema de iluminación, como son: los talleres, planta concentradora, chancado, salas eléctricas y oficinas.

CAPITULO VIII
RECOMENDACIONES

Como se ha demostrado en el desarrollo del presente trabajo, si es posible ahorrar gastos con la implementación de un sistema de Gestión de Energía, lo cual sería importante para las empresas de la industria minera el Perú.

Para cumplir con la ley del estado peruano y aportar con el compromiso medio ambiental que tiene el país, se recomienda que las empresas mineras en proceso de ingeniería y construcción consideren un diseño en el desarrollo de su proceso productivo basado en el mejor uso de recursos energéticos.

CAPITULO IX
REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍCAS

Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE, 2018).

Arias, J. (26 de marzo de 2009). blog de Jorge ATK. (Recuperado de http://jorgeatk.blogspot.com/2009/03/bombilla-incandescente-filamento.html)

Álvarez de Nóvales J. (1998) *Acción Estratégica*

AZQUETA O., Diego 2007 Introducción a la economía ambiental, MCGraw-Hill, Interamericana de España, S.A.

Banco Mundial. *(2017). Indicadores Regulatorios para la Energía Sostenible RISE. Washington DC:* Autor.

Beneficios de los Sistemas de Gestión de Energía basados en ISO 50001 y casos de éxito" (Agencia Chilena de Eficiencia Energética [AchEE], 2017).

Bordón, L. E. (10 de septiembre de 2013). ABC. (Recuperado de http://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/escolar/las-lamparas-fluorescentes 616088.htm

Campaña para el uso eficiente y ahorro de la energía eléctrica¨ Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM], 2007, p.l).

Commission Internationale de l'Eclairage). (1986). Guide on interior lighting. Publicación 29.2, Second Ed.

Comité Europeo Normalizador (CENTC 169). (s.f.). Iluminación en la prevención de riesgos en los lugares de trabajo.

Contexto y Enseñanzas Internacionales para el Diseño de la Política Energética a Largo Plazo, (Comisión Nacional de Energía [CNE], 2008)

Construcción de Indicadores de Eficiencia Energética en Minería" (Comisión Chilena del Cobre, 2014).

CONTRERAS, Eduardo 2004 Evaluación social de inversiones públicas: enfoques alternativos y su aplicabilidad para Latinoamérica. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina (CEPAL).

De Laire, M. (2013). Guía de Implementación de Sistemas de gestión de la Energía Basada en ISO 50001 (3ra. ed.) Chile.

Diaz, J. (2010). *Indicadores De Desempeño Ambiental En La Mediana Minería* (Tesis de Maestría) Recuperada de *http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/632*

Dirección de Estudios y Políticas Públicas¨ Ministerio de Minería de Chile, 2014.

D.S. N° 024-2016-EM Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en minería (2016).

Informe mundial de energía" (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD]

Consejo Mundial de la Energía (CME), 2004.

Eficiencia Energética en la Estrategia: Identificando Oportunidades de Valor¨ de la Agencia Chilena de Eficiencia Energética ([AChEE], 2018).

Guía para Calificación de Consultores en Eficiencia Energética, AChEE, s.f.).

INDAL, (2015), Lámpara de vapor de sodio, Obtenido de Manual de Iluminación.

International Energy Agency [IEA], 2016.

International Standarization Organization. (2011). *ISO 50001 Gestión de la Energía*. Autor.

ISO 50001 Sistemas de Gestión de la Energía.

León L. (2004) El análisis costo-beneficio de las leyes, (extraído de revista Economía y Derecho). Universidad de Ciencias Aplicadas. Lima.

Ley de Promoción del Uso Eficiente de la Energía, Nº 27345. (5 de setiembre de 2000). Ministerio de Energía y Minas, (8 de setiembre de 2000).

Linares, P. (2009). Eficiencia energética y medio ambiente. España
.
Marrero, S. (2006) La Gestión Energética. Una Herramienta Indispensable en la Gestión Empresarial. ISMM. Moa.
Medición y Verificación en la Gestión de Proyectos de Eficiencia Energética en la Minería (Agencia Chilena de Eficiencia Energética [AchEE], 2015).

Mejía E. (2008). Análisis costo-beneficio de las normas. (Tesis de grado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos). Recuperada de http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/3054

Mesa Técnica de Construcción de Indicadores, MMES, 2013.

Ministerio de Energía y Minas. (2009) *Plan Referencial del Uso Eficiente de la Energía 2009 – 2018*. Lima: Autor.

Ministerio de Minería de Chile (2018). Glosario de términos.

Ministerio de Energía y Minas (2014) *Plan de Eficiencia Energético Nacional 2014 – 2025*. Lima: Autor.

Morell, A. (2012). Introducción a la norma ISO 50001:2011.

OSINERGMIN (2017). ¨La industria de la minería en el Perú¨

Política Energética. CNE: 2008.

Villafranca, C. I. (14 de Diciembre de 2012). blog de lumiere studio. (Obtenido de http://lumiere- studio.blogspot.com/2012_12_01_archive.html).