

**Instituto de Educación Superior Tecnológico Público
“De las Fuerzas Armadas”**



TRABAJO DE APLICACIÓN PROFESIONAL

**PROPUESTA DE ILUMINACIÓN ALTERNATIVA CON CINTAS
LED EN ÁREAS DE ALTO TRÁNSITO, COMPAÑÍA MINERA
CASAPALCA S.A.**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL TÉCNICO EN
EXPLOTACIÓN MINERA

PRESENTADO POR:

TAYPE SULCA, Aron Adorio
CHUCHULLO SOLLASI, Romario

LIMA, PERÚ

2020

A nuestros padres por su apoyo, por la
confianza concebida y por la dedicación
del día a día para nuestro desarrollo
personal.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por sus bendiciones que hicieron posible que culminemos el presente trabajo aplicativo e investigación y a nuestra familia, por su constante motivación.

A los ingenieros Víctor Gonzales Flores, Miguel Rivera Quispe, Lázaro Javier Danilo Ademir, Luz Contreras Tapahuasco, Mario Poma, Víctor Chara Torovisco y Neil Ramírez Valerio, docentes y asesores que inculcaron en nosotros lo mejor de ellos para ser un gran profesional en nuestra vida laboral.

Las palabras de reconocimiento a las principales autoridades del Instituto de Educación Superior Tecnológico Público “De las Fuerzas Armadas” y ,especialmente, a los jefes de carrera, quienes fueron forjadores de estos conocimientos y experiencias en esta etapa.

ÍNDICE

	Página
Resumen	ix
Introducción.....	x
CAPÍTULO I. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA	10
1.1. Formulación del problema	13
1.1.1. Problema general	13
1.1.2. Problemas específicos.....	13
1.2. Objetivos.....	14
1.2.1. Objetivo general.....	14
1.2.2. Objetivos específicos	14
1.3. Justificación	14
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	13
2.1. Estado de arte.....	17
2.1.1. Antecedentes Internacionales	17
2.1.2. Antecedentes Nacionales	19
2.2. Bases Teóricas	21
2.2.1 La iluminancia	21
2.2.2 Efecto Purkinje	21
2.2.3 Luminancia	22
2.2.4 Conceptos asociados a las lámparas	23
2.2.4.1 Temperatura del color.....	23
2.2.4.2 Índice de reproducción cromática (IRC)	24
2.2.4.3 Vida útil de una lámpara.....	25
2.2.4.4 Eficacia luminosa.....	26
2.2.5 Tecnología para la iluminación	28
2.2.5.1 Lámparas incandescentes.....	28
2.2.5.2 Incandescentes halógenas	28
2.2.5.3 Lámparas fluorescentes	29
2.2.5.4 LED.....	29
2.2.6 Sistema simétrico.....	31
2.2.7 Importancia de la iluminación en la minería	32
CAPÍTULO III. DESARROLLO DEL TRABAJO	35
3.1. Finalidad	36
3.2. Propósito.....	36

	Página
3.3. Componentes	36
3.4. Actividades.....	37
3.4.1. Primer procedimiento: Identificación de Áreas	37
3.4.2. Segundo procedimiento: Recolección de testimonios	38
3.4.3. Tercer procedimiento: Recolección de datos.....	39
3.4.4. Estadía de trabajo del equipo de estudio.....	43
3.4.5. Tarifa del consumo de energía según Luz del sur	43
3.4.6. El consumo de energía en iluminación de Cía. Casapalca SA	44
3.4.7. Consumo de energía	47
3.4.8. Tiempo de vida, costo unitario y costo de instalación de la cinta LED.....	50
3.4.9. Costo de aplicación de las cintas LED en las áreas señaladas.....	51
3.5. Limitaciones	53
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	55
4.1 Resultados.....	56
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	56
5.1 Conclusiones.....	59
5.2 Recomendaciones	60
Referencias	61
Apéndices	
Apéndice A. Cronograma de Actividades	
Apéndice B. Cronograma de Presupuestos	
Apéndice C. Documentos de cotización para la ejecución del Proyecto	

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Enfoque de la visión.....	22
Figura 2. Lámpara incandescente	28
Figura 3. Lámpara halógena	29
Figura 4. Tubo de fluorescente	29
Figura 5. Cinta LED	31
Figura 6. Enfoque de la iluminación	32
Figura 7. Casapalca - Rampa principal sin iluminación.....	38
Figura 8. Luxómetro de la Compañía Casapalca S.A.....	39
Figura 9. Croquis de accesos a las labores	41
Figura 10. Nivel 5 de la zona "Oroya"	42
Figura 11. LED	52

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Temperatura del color	24
Tabla 2. Rangos de IRC.....	24
Tabla 3. IRC de algunas lámparas	25
Tabla 4. Potencia consumida.....	26
Tabla 5. Unidades lux en nuestro entorno	37
Tabla 6. Medidas lux según DS 024 2016 EM anexo 37	37
Tabla 7. Medidas obtenidas por el luxómetro	40
Tabla 8. Comparación de medidad LUX	43
Tabla 9. Tarifa por consumo, ENEL y Luz del Sur.....	43
Tabla 10. Consumo de energía en rampa	44
Tabla 11. Consumo de energía en el comedor.....	45
Tabla 12. Consumo de energía en la Subestación	45
Tabla 13. Consumo de energía en Despacho.....	46
Tabla 14. Consumo de watts - (tipo de lámparas)	46
Tabla 15. Intensidad de iluminación - (tipos de lámparas).....	47
Tabla 16. Costo por consumo de energía en rampa.....	48
Tabla 17. Costo por consumo de energía (comedor de mina).....	48
Tabla 18. Costo por consumo (Subestación).....	49
Tabla 19. Costo por consumo en Despacho	49
Tabla 20. Consumo y costo de energía de las cintas LED	50
Tabla 21. Tiempo de vida en horas, costo por unidad e instalación.....	50
Tabla 22. Tiempo de vida en meses, costo por año y costo de instalación	51
Tabla 23. Costo por cantidad usada, instalación y consumo anual	52
Tabla 24. Diferencias de costos y ahorro total	53
Tabla 25. Resultado de reducción en consumo	56
Tabla 26. Reducción de fatalidad a nivel mundial	56
Tabla 27. Comparación de sistemas por unidades Lux	57

RESUMEN

El presente estudio trata sobre la implementación de un sistema de iluminación con cintas LED en áreas de alto tránsito en la Compañía Minera Casapalca para mejorar el desarrollo de las actividades, costos en diferentes labores de mina y cumplir con las exigencias que estipula del D.S. 024 2016 EM con su modificatoria 023 2017 Título IV capítulo XII Iluminación como resultado a su aplicación vemos que se reducen los riesgos y accidentes en el trabajo, también ayudará en el ahorro de energía, tiempo, sobrecostos, mano de obra y reducción de agentes contaminantes en iluminación.

Usando las luces LED como la mejor opción para ahorrar energía entre todos los productos de iluminación conocidos en la actualidad. Aplicando en áreas específicas dentro y fuera de mina, siendo después de varios estudios se llegó a la conclusión de utilizar las cintas LED. Esta es la protagonista de esta propuesta de implementación que traerá consigo resultados óptimos. Agregando también sus grandes características que la distinguen de otras lámparas aún usadas en minería, características que son desconocidas por un gran porcentaje de usuarios. Se expone también el uso de las cintas y su resistencia a la corrosión y agentes que deterioran el material, así también se determinó la diferencia del costo por unidad.

La iluminación LED consume aproximadamente el 50% menos de energía comparadas con las lámparas tradicionales, además tienen una vida útil aproximada de 100.000 horas (6 veces más que las lámparas tradicionales), la temperatura del color que emite es más blanca y adecuada para los ojos, no posee elementos tóxicos y contaminantes que generarían daño en nuestro medio.

Palabras clave: Iluminación alternativa, cintas LED, seguridad, reducción de costos, KPI, mineras Casapalca S.A.

INTRODUCCIÓN

La seguridad en el trabajo, el confort de los colaboradores son aspectos prioritarios en la industria minera, y de la mano encontramos a la producción y las actividades complementarias, con una conceptualización de la “minería del futuro”. En la minería subterránea se identifica como principal causa de accidentes fatales a las condiciones inseguras en el trabajo.

Una mala iluminación en la zona de trabajo conlleva a que se produzcan accidentes, se reduzca la velocidad de los equipos de transporte y otras actividades se vean afectadas. Durante nuestra permanencia en la unidad minera, se determinó las áreas donde se incumple con la iluminación según la normativa y el personal se ven expuestas al peligro. Para el proceso de este estudio se empleó herramientas como un luxómetro, equipos de cómputo, y otros para discernir la problemática y su ubicación.

Luego de un análisis se optó por proponer un modelo específico de LED la cual nos ofrece mayor iluminación y calidez, menor costo por el producto, mayor tiempo de vida del mismo, un mantenimiento más sencillo y una mejor resistencia al ambiente donde se trabaja. Se complementó con la comparación con el tipo de iluminación propuesto con respecto con la iluminación que actualmente se trabaja en esta unidad minera.

Nuestra propuesta consiste en contribuir con absolver debilidades del desarrollo en la producción minera, con los lineamientos establecidos y como empresa poder garantizar la seguridad dentro de mina.

El trabajo de aplicación profesional está elaborado en cinco capítulos:

En el capítulo I, en esta primera parte se identificó la problemática y el objetivo que se propone para este proyecto, luego a través de la justificación se argumenta la importancia del proyecto.

En el capítulo II, se buscó información en libros, revistas y páginas relacionadas a nuestro proyecto, luego se realizó los lineamientos teóricos con información actualizada.

En el capítulo III, se menciona la finalidad, el propósito y los componentes que presenta nuestro proyecto, finalmente se desarrolló la ejecución del proyecto propuesto y se mencionan las limitaciones que se presentaron durante su ejecución.

En el capítulo IV, se muestran los resultados obtenidos del proyecto.

Finalmente, en el capítulo V, se presentan las conclusiones y recomendaciones que se propone para este proyecto o trabajo aplicativo.

CAPÍTULO I

DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Formulación del problema

La Compañía Minera Casapalca S.A. que viene desarrollando hace más de 20 años la extracción de minerales grises y la venta de concentrado. Se ubica en el distrito de Chicla, provincia de Huarochirí, departamento de Lima donde genera gran cantidad de utilidades y oportunidades laborales.

A pesar de ello, sus actividades se ven afectadas por varios elementos que hemos observado, después de un recorrido minucioso por todas las instalaciones de la Compañía Minera Casapalca S.A., se identificó que en áreas dentro y fuera de mina tales como pasadizos, rampas, comedores, talleres de mantenimiento, cuartos de visita, sala de auditoria y de capacitaciones no cuentan con la iluminación correspondiente. Desde nuestro punto de vista profesional la iluminación es uno de los factores más importantes para desarrollar nuestra actividad laboral, en lo ergonómico y el confort para nuestro colaborador así mismo como en producción para el empleador. Un buen sistema de iluminación debe asegurar, buen nivel de iluminación, el contraste adecuado entre los distintos aspectos visuales de la tarea, el control de los deslumbramientos, la reducción del riesgo de accidente y el confort visual dependerá de los colores usados.

Sin embargo, el uso de bombillas y lámparas halógenas deben ser erradicadas de las actividades por su consumo excesivo y el nivel de contaminación que propicia.

1.1.1. Problema general

1.0 ¿Qué tan importante es el sistema de iluminación dentro de la mina?

1.1.2. Problemas específicos

1.1 ¿Cuál es el porcentaje de accidentabilidad por la iluminación deficiente?

1.2 ¿Por qué emplear lámparas de uso doméstico en áreas que exigen mayor iluminación?

1.3 ¿Cuáles son las características del tipo de iluminación que se usa en las actividades mineras?

1.4 ¿Qué áreas son las que incumplen con la iluminación adecuada?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

- 1.0 Implementar la iluminación alternativa con cintas LED para mejorar en áreas de alto tránsito, Compañía Minera Casapalca S.A.

1.2.2. Objetivos específicos

- 1.1 Reducir el porcentaje de accidentabilidad por una mala iluminación.
- 1.2 Comparar el tipo de iluminación empleada con nuestra propuesta, para determinar los costos.
- 1.3 Determinar las ventajas y desventajas del tipo de iluminación usada y el tipo de iluminación que se propone.
- 1.4 Identificar las áreas que incumplen con las normas establecidas.

1.3. Justificación

Este proyecto es realizado con el fin de demostrar a la Compañía Minera Casapalca S.A. que existen nuevos métodos de sistemas de iluminación, ofreciendo las mejores soluciones tales como la reducción de riesgos, costos y la mejora en producción. Se busca demostrar con una tabla comparativa las ventajas identificadas con el uso de las cintas LED, en este sentido este material informativo servirá para orientar temas de seguridad y de costos por el material usado para la iluminación dentro de esta unidad minera.

Lo que esta propuesta pretende es demostrar las características que la iluminación LED ofrece, fomentar a las compañías mineras en general a usar energía limpia y ahorrativa. Por otro lado, es identificar las áreas que incumplen con las medidas de iluminación según decreta el D.S. 024-2016-EM y su modificatoria D.S. 023-2017-EM.

Por parte de una mala y por una ineficiente iluminación están los accidentes, las pérdidas de vidas humanas, daños al equipo, producción crítica y los sobre costos. Al ver todos estos hechos concluimos en obtener soluciones rápidas y eficientes. ¿Cómo evitar accidentes? ¿Cómo reducir sobrecostos?

Según el Artículo 354 de los lineamientos de D.S. 024-2016-EM con su modificatoria D.S. 023-2017-EM señala la iluminación como:

Es obligación del titular de actividad minera que las lámparas a emplearse estén en perfecto estado de funcionamiento y protección debiendo garantizar una intensidad luminosa mayor o igual a dos mil quinientos (2,500) lux a uno punto dos (1.2) metros de distancia en interior mina durante toda la guardia, con un mínimo de doce (12) horas continuas de uso (art. 354).

Otro problema es el mantenimiento eléctrico, el cual adapta un cronograma de mantenimiento de 2 veces al mes, lo cual es una inversión de tiempo y de dinero.

Por lo señalado, lo que concierne al titular minero es cumplir con el D.S. 024-2016-EM con su modificatoria D.S. 023-2017-EM y buscar en todo momento no acercarse a los posibles riesgos que hay en mina.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1. Estado de arte.

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Los estudios relacionados sobre el caso y que nos presenta la importancia que se viene posicionando el uso de este elemento en el sector minero e industrial a nivel internacional se presenta a continuación:

El Colegio de Ingenieros de Chile (2018) aporta en su publicación que ya sea por eficiencia energética como por el bienestar de las personas, es recomendable incorporar la iluminación moderna en los proyectos de construcciones o remodelaciones desde el origen, ya que la luz natural siempre es mejor que la luz artificial y está comprobada la importancia de la iluminación para la salud de las personas. “Los cinco sentidos que usa el ser humano se basan en biosensores, y más del 70% de los sensores se concentran en los ojos, por lo que esta sensación transmite la mayor cantidad de información al cerebro para realizar tareas y coordinar todas las funciones de tu cuerpo. La iluminación debe ser dinámica, eficiente y automatizada para que sea sostenible y económica. El estándar actual solo cuantifica la cantidad de luz en lux, no la calidad de la iluminación. Para ver con claridad, las personas necesitan luz de alta densidad en "lux" (lux), es decir, lúmenes por metro cuadrado de superficie ($lx = lm / m^2$). Las velas a un metro de distancia proporcionan un lux. Por otro lado, existen tres criterios cuantitativos para definir la calidad de la luz y determinar el impacto de la iluminación en las personas.

Según la publicación Creara España (2017) menciona que en el sector minero, cabe indicar que trae consigo una serie de riesgos para la salud en las personas que trabajan en ello. Siendo los espacios cerrados con una atmosfera deficiente de oxígeno y la existencia de contaminantes inflamables donde la iluminación es reducida. Se han producido muchos cambios en la iluminación en la minería para cumplir con los estándares de seguridad y la cantidad y calidad de iluminación requerida en espacios confinados en las minas. Desde principios del siglo XIX se han producido muchas fallas técnicas, como los filamentos de platino que no pueden proporcionar un tiempo de iluminación suficiente, las lámparas incandescentes con filamentos de celulosa y, en el siglo XX, con el tremendo avance de las lámparas incandescentes, los filamentos de tungsteno. El problema de esta lámpara es su corta vida útil y su elevado consumo de energía.

La Revista Energética de Chile (2016), en su artículo “*Revista electricidad*” destacó la necesidad de que la minería apunte a sistemas inteligentes para iluminar sus actividades subterráneas y en espacios abiertos, aunque advierten las dificultades que plantea la normativa sobre emisiones de luz para las regiones de Tarapacá y Antofagasta. La iluminación en las labores mineras (superficie y subterráneos) representa del 2% al 4% del consumo de energía de la industria. Aunque es de gran importancia para el entorno laboral en términos de calidad, tiene poco impacto en la eficiencia energética. En materia de seguridad y salud laboral, se destacan diversos expertos consultados por "Revista Electricidad". Una de las coincidencias es señalar que las actividades mineras actualmente se están moviendo hacia la llamada "iluminación inteligente" y utilizan sensores de presencia y luz para encender y apagar las luces cuando sea necesario.

Abril y Matute (2015) en su investigación denominado “Análisis del Área de Cobertura para la Tecnología de Comunicación por Luz Visible Dentro de Túneles Mineros” realizaron un estudio de ingeniería de iluminación con tecnología LED tiene como objetivo optimizar al máximo la iluminación en los túneles mineros, reduciendo así diversos problemas encontrados en este entorno, como cubrir toda el área de trabajo o tráfico de la mina. Cuanto mejor sea la iluminación, mejores serán las condiciones de trabajo. Se busca un modelo matemático en el que la iluminación se pueda utilizar como medio de comunicación. El área de cobertura de luz se analizará y luego se considerará como el área de cobertura del sistema de comunicación.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Los estudios relacionados sobre el caso y que nos presenta la importancia que se viene posicionando el uso de este elemento en el sector minero e industrial a nivel nacional se presenta a continuación:

Southern Perú (2019) en su artículo señala “El costo de las pérdidas por accidentes de puentes aéreos de las palas” considerando el personal involucrado en el cambio de cable y reposición de energía, el costo de reparación de los cables eléctricos e instalaciones dañadas, el costo horario por pala y lo que se dejó de ganar debido a los accidentes con el cable eléctrico del puente aéreo de las palas durante los años 2017 y 2018, asciende a US\$ 451,417.29 con costo promedio anual de US\$ 225,708.65. La implementación incluye la adquisición de seis cables eléctricos de 150 metros de longitud, con luces LED y conectores, con un costo de US\$ 152,427.28, menor al costo promedio anual de las pérdidas por accidentes de los cables de los puentes aéreos de las palas eléctricas. La inversión realizada para la implementación de los cables de luces LED se recuperaría antes del término del primer año posterior a la implementación, un gran ejemplo del uso del sistema LED en el Perú. (p.21)

Crouse Hindslatam (2018) señala un alcance y menciona que dentro de la mina, la iluminación se necesita las 24 horas del día y no existe margen para una interrupción de la energía. Entregamos soluciones completas de iluminación diseñadas para cumplir con las normas de NEC® y IEC con la más alta calidad, seguridad y rendimiento óptico tanto en áreas peligrosas como no peligrosas. Las luminarias LED pueden durar hasta siete años sin mantenimiento de la lámpara y permiten un amplio rango de caída de tensión sin perder luz. Nuestros productos HID se encienden y apagan al instante. Combinamos confiabilidad y experiencia en cada uno de los productos, ofreciendo ahorro en mano de obra y mantenimiento, instalación simplificada y mayor productividad.

Phoenix lighting (2018) señala la importancia de la seguridad de la iluminación en las minas por lo siguiente: Seguridad: una iluminación adecuada que es fundamental para la seguridad de la mina. Con la durabilidad y la mayor vida útil de los LED, las minas pueden eliminar fácilmente la necesidad de enviar personal a lugares inseguros para cambiar lámparas. Además, los operadores dispondrán de una iluminación de mejor calidad en los

lugares activos de la mina, así como una mejora de la seguridad después de un corte de energía debido al encendido instantáneo de las luminarias con tecnología LED. En suma, la iluminación LED hace de la minería una industria más segura y más responsable.

Minem, La Caravana Informativa (2017) en su artículo “Cambia a LED. Ilumina eficiente” que promueve el Ministerio de Energía y Minas (MEM) en diferentes regiones del país, llegó el fin de semana a la incontrastable ciudad de Huancayo para informar a la población sobre cómo ahorrar energía en el hogar utilizando equipos de iluminación de bajo consumo, como son los focos LED. Por las referencias mencionadas, las luces LED dieron resultados satisfactorios para el público, de manera que se vio reflejado sus resultados mejorando el costo, iluminación y rendimiento según el tipo de trabajo a desarrollarse

La Corporación FCR (2017) en su trabajo de investigación titulado “*soluciones integrales*” indica lo siguiente que por el transcurso de los últimos 3 años han laborado en 4 unidades mineras cambiando el sistema de iluminación con cintas LED los cuales fueron Yauricocha, proyecto Chavimochic, Volcan y Horizonte. Demostrando la eficiencia de la iluminación LED y la seguridad que ofrece”.

Pedrosa (2017) en su artículo en la Revista Minería Panamericana nos brinda un mejor enfoque del ahorro de este elemento en el uso para el sector industrial de la siguiente apreciación: Los aparatos de LED ofrecen 50.000 horas de uso, operación instantánea y ahorros significativos. Estos modelos LED que están diseñados para realizar 50.000 horas. Los aparatos LED de Doosan utilizan menos de 1 kilovatio de energía. Esto deja más lanzó su séptima torre de iluminación, el modelo CPLT H6LED. Los otros tres modelos LED recién lanzados por CP son el modelo eléctrico CPLB2LED, el CPLT diésel V15LED y la torre CPLB6. El modelo CPLT H6LED está equipado con cuatro lámparas de 350W de alta eficiencia LED, que son equivalentes a cuatro segmentos de mástil manual, lo que permite a los usuarios cargar hasta 20 unidades por camión. Estos incluyen un marco libre de derrames y el HardHat de polietileno que protege contra la corrosión.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1 La iluminancia

Según el Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española (2020) la iluminancia es en física es “la magnitud que expresa el flujo luminoso que incide sobre la unidad de superficie, y cuya unidad en el sistema internacional es el lux.”

En el Sistema Internacional relativo a las unidades de las magnitudes físicas indicado que las unidades de flujo luminoso son los “lúmenes” y que la unidad de superficie es el “metro cuadrado m²”, entonces, un lux puede definirse como la proporción uno a uno entre las dos magnitudes. (Cansinos, 2015, p.27)

$$1lux = \frac{1lm}{1m^2}$$

2.2.2 Efecto Purkinje

Cansino (2015) menciona que el efecto Purkinje, se da durante el periodo nocturno. El ojo humano se adapta a la situación y a los brillos que aparecen en diferentes niveles. A una pérdida de luminosidad la retina reacciona reduciendo su sensibilidad a altas longitudes de onda, las que corresponden a los colores cálidos, lo que compensa con una sensibilidad creciente a las altas frecuencias los cuales son los colores fríos, cuando hay buena iluminación el color que el ojo humano mejor define es el rojo por lo contrario cuando la iluminación es muy baja el color que mejor define es el azul (p.26)

Teniendo esta información en cuenta y por distintas experiencias, en la oscuridad de las labores mineras aun usando linternas de colores cálidos, la visión busca adaptarla con los tonos fríos, causando el error de la visión, a largo plazo lo comprobamos cuando leemos libros con hojas de colores cálidos y letras negras, pocos se darán cuenta que al leer en una hoja de color blanco la visión es más cómoda mientras no se abuse del brillo. Esto se da ya que la visión no debería ejercer ningún esfuerzo (Morente, 2013).

2.2.3 Luminancia

Cansinos (2015) señala la luminancia como el brillo que se especifica como un término relativo a la luz que llega a los ojos. La distribución de la intensidad de luz disponible entre las superficies aparentes apreciadas por los órganos visuales dedicados a la dirección de visión. Por lo tanto, de acuerdo con la intensidad de la luz, la unidad debe ser una vela y, para la superficie observada, la unidad debe ser un metro cuadrado. Expresado en matemáticas

$$1lux = \frac{I}{\text{área}}$$

Donde, L es la iluminación en cd/m^2 ; I es la intensidad luminosa en candelas “cd”; y S es la superficie aparente que percibe el ojo que observa en una determinada dirección, la ilustración 1 describe lo dicho (p.30).

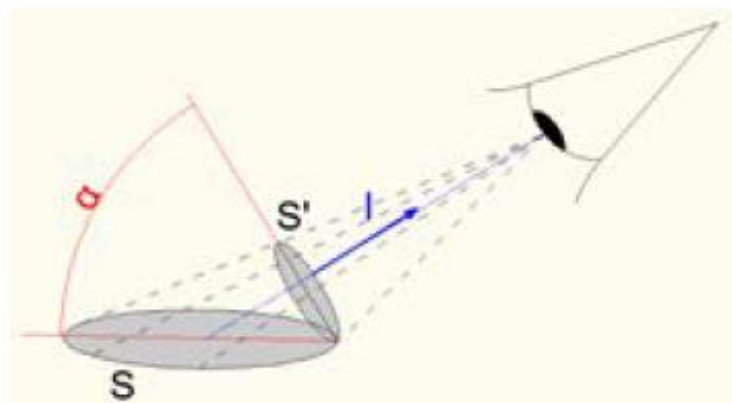


Figura 1. Enfoque de la visión

Fuente: Slideshare, percepción visual, 2008

La zona S es la superficie, parte que percibe el ojo y la zona I es la intensidad luminosa de candelas.

2.2.4 Conceptos asociados a las lámparas

2.2.4.1 Temperatura del color

El mismo autor afirma que el término se originó a partir de la idea de medir el color emitido por un objeto en función de la energía cinética media del objeto, es decir, relacionarlo con el concepto de temperatura propuesto por la física. Según la ley de Stefan Boltzmann, la radiación del cuerpo humano es función de su temperatura. Según el color del objeto, estamos hablando de luz fría, es decir, la fuente de luz con mayor frecuencia (azul), o la fuente de luz con mayor longitud de onda.

Cuando se estudia la temperatura de un determinado cuerpo y se asocia al color de la radiación por éste emitida, experimentalmente nos darán resultados como en la del siguiente gráfico (p.35).

Tabla 1.

Temperatura del color

CUERPO	TEMPERATURA
Vela	726.85 °C
Amanecer	1726.85 °C
Bombilla	2226.85 °C
Estadios	2726.85 °C
Lámpara de magnesio	3726.85 °C
Luz del día	4726.85 °C
Sol del mediodía	5226.25 °C
Día muy soleado	5726.85 °C

Nota: Descripción de temperatura por el color cálido o frío según el cuerpo que lo emite.

Asimismo, indica que un LED la temperatura del color tiene mucho que ver con el grosor de la capa del material fosforado que recubre el diodo como un rocío. Estos materiales son amarillentos, son claros cuando son finos y se tornan ocres al crecer en grosor. En el primero de los casos la luz será fría y alcanzará una alta temperatura mientras en el segundo será de baja temperatura.

2.2.4.2 Índice de reproducción cromática (IRC)

Es una medida que cuantifica la capacidad que tienen una fuente de luz para reproducir fielmente los colores en comparación con una fuente de luz “ideal”, como la luz solar. Estas siglas corresponden al índice de Reproducción Cromática, concepto relacionado con la calidad en iluminación. Se estableció una escala porcentual en la que se le concede el puntaje 100 a la luz natural, de este modo se sabe que mientras más cercano a 100 sea el IRC más natural se apreciarán los colores y la luz se verá menos artificial, tal como se demuestra en la tabla N°3.

$$\eta = \frac{\phi}{P}$$

Las lámparas LED de buena calidad ofrecen entre un 85 y un 95 de IRC. Las lámparas con las que se consigue un mejor índice son, precisamente, las que presentan una menor eficiencia: halógenas e incandescentes. Aunque es deseable el mayor IRC posible, pero con un 80 es suficiente, en la tabla 4 se indica el rango de algunas lámparas.

Tabla 2.

Rangos de IRC

Rangos del índice de reproducción cromática	
60 – 80	BUENO
80 – 90	MUY BUENO
90 – 100	EXCELENTE

Nota: Las lámparas que se encuentran en la escala de rangos del IRC de 60 a 100 son las que muestran fielmente los colores en comparación a una fuente de luz ideal.

Fuente: Primaluz.es

Tabla 3.

IRC de algunas lámparas

LÁMPARA	IRC
Fluorescentes	65 – 85
Bajo consumo	15 – 85
VSAP	0 – 70
Vapor de mercurio	25 – 60
Halógeno metálico	65 – 90
Inducción	79
LED	65 - 90

Nota: Se presentan las lámparas de vapor de sodio a alta presión pueden llegar hasta un 0 de IRC, mientras un LED se mantiene de 65 a 90.

Fuente: Primaluz.es

2.2.4.3 Vida útil de una lámpara

Según su uso, se interpreta como el promedio estadístico de la vida útil de la lámpara. El ciclo de medición de vida comienza cuando se pone en uso la bombilla y finaliza cuando la cantidad de luz se mantiene al 70% del nivel normal, es la única forma de medir la vida de la bombilla.

En cuanto a la vida útil, esta es una respuesta a las pruebas reglamentarias que cada fabricante realiza en sus lámparas. La vida útil de la tecnología LED es de unas 100.000 horas, mientras que la vida útil de otras tecnologías como las lámparas halógenas es de unas 2.000 horas. Los parámetros relacionados que la vida útil de la lámpara son la temperatura, la calidad de los elementos constituyentes y los defectos relacionados.

La temperatura del bulbo es fundamental para prolongar su vida. La temperatura ambiente es fundamental para todas las lámparas, pero además, en algunos tipos, la temperatura interna del sistema que compone la lámpara también cobra importancia (Cansinos, 2015, pp.37-38).

2.2.4.4 Eficacia luminosa

Un concepto derivado de la distribución matemática de la potencia consumida por una fuente de luz al flujo luminoso. Suele expresarse en lúmenes por vatio (lm / w).

De la tabla 5, se deduce que la mayor eficacia luminosa se corresponde con las LED y que eso se apoya en su menor consumo de potencia eléctrica. Tal y como se define, la eficacia luminosa resulta del rendimiento de la fuente lumínica, es decir, cuanto aprovecha realmente de la potencia que consume de la electricidad. Esta es la razón por la que se representa matemáticamente.

Tabla 4.

Potencia consumida

Lm o Ø	Potencia consumida - P			
	LED	Incandescentes	Halógenas	Fluorescentes
50/80	1.3	10	-	-
110/120	3.5	15	10	5
250/440	5	25	20	7
550/650	9	40	35	9
650/800	11	60	50	11
800/1500	15	75	70	18
1500/1800	18	100	100	20
2500/2800	25	150	150	30
2600/2800	30	200	200	40

Nota: En la tabla se expresa la relación entre potencia consumida y flujo lumínico que ofrece cada lámpara.

Fuente: Etitudela.com/Electrotecnia

Tabla 5.

Unidades lux en nuestro entorno

Iluminancia	Abr.	Ejemplo
0.00005 lux	50 μ lux	Luz de una estrella (vista desde la tierra)
0.0001 lux	100 μ lux	Cielo nocturno nublado, luna nueva
0.001 lux	1 mlx	Cielo nocturno despejado, luna nueva
0.01 lux	10 mlx	Cielo nocturno despejado, cuarto menguante
0.25 lux	250 mlx	Luna llena en noche despejada
1 lux	1 lx	Luna llena a gran altitud en latitudes tropicales
3 lux	3 lx	Limite oscuro del crepúsculo bajo un cielo despejado
100 lux	1 hlx	Pasillo en una zona de paso
300 lux	3 hlx	Sala de reuniones
500 lux	5 hlx	Oficina bien iluminada
600 lux	6 hlx	Salida bien iluminada
1000 lux	1 klx	Iluminación habitual en un estudio de televisión
32000 lux	32 klx	Luz solar en un día medio (min.)
100000 lux	100 klx	Luz solar en un día medio (máx.)

Nota: Medida de iluminación con unidades lux en nuestro entorno.

Fuente: f2e.es/conceptos básicos

Otro factor es ver la intensidad de la luz que emiten los focos en las labores, la electricidad que consumen, el tiempo de uso y el costo. Un foco normal emite de 50 a 90 lux, tienen un costo aproximado de entre S/.10.00 a S/.120.00 la unidad y un tiempo de vida aproximado es de 5,000 a 10,000 horas según sus propiedades físicas, algunas son más resistentes al calor o a golpes. Estas lámparas consumen entre 12v a 220v entre ellos están los fluorescentes los cuales son muy ahorrativos, pero contienen argón, Neón y gas de mercurio lo cual conlleva a un riesgo constante para las personas.

2.2.5 Tecnología para la iluminación

2.2.5.1 Lámparas incandescentes

Este tipo de lámpara es la más común en el mercado, se utiliza desde finales del siglo XX y todavía se usa en la actualidad, pero el efecto no es bueno. Su principio es calentar un filamento de silicio con alta resistencia, pero consume mucha energía para producir muy pocos lúmenes. En la figura 2 se muestra el modelo, (Velasco, 1994, p. 144).



Figura 2. Lámpara incandescente

Fuente: timetoast.com

2.2.5.2 Incandescentes halógenas

Se trata de una evolución de lámpara incandescente, hacia una mejora de su eficiencia y vida de uso tal como se ve en la figura 3 Se emplearon elementos halógenos como F, Cl, Br, y Yodo. De todas las anteriores la más usada fue el Yodo que luego fue remplazado por el Bromo. La lámpara halógena es una evolución de la lámpara incandescente con un filamento de Wolframio dentro de un gas inerte y una pequeña cantidad de halógeno.



Figura 3. Lámpara halógena

Fuente: seure.fi

2.2.5.3 Lámparas fluorescentes

Presenta gran variedad de formas y tamaños disponibles, la flexibilidad en sus propiedades de reproducción de color, el buen desempeño en términos de conversión de potencia eléctrica en luz, la emisión de una luz difusa relativamente baja luminancia, aun así, hace de esta fuente una luz adecuada para muchas aplicaciones.

El tipo de función que utilizan es la descarga de gases a baja presión, el bulbo contiene mercurio que al encenderse lo irriga de manera evaporada con una sustancia fluorescente en polvo que vuelven la radiación UV en visible (Philips, 2015, p.28).



Figura 4. Tubo de fluorescente

Fuente: cl.rsdelivers.com/product

2.2.5.4 LED

Es un componente opto – electrónico, un diodo que emite luz. Un diodo es un componente electrónico de dos terminales que permite la circulación de la corriente eléctrica a través de el en un solo sentido.

Cuando un LED se encuentra en polarización directa, los electrones pueden recombinarse con los huecos en el dispositivo, liberando energía en forma de fotones. Este efecto es llamado electroluminiscencia y el color de la luz se determina a partir de la banda de energía del semiconductor. Por lo general, el área de un led es muy pequeña (menor a 1cm^2).

Las principales ventajas de los LED son:

- Poseer un tiempo de encendido muy corto en comparación con las luminarias de alta potencia como lo son las de vapor de sodio, aditivos metálicos y halogenuros.
- Diferentes tamaños, mucha variedad.
- Robustos a choques térmicos o vibraciones.
- Baja operación de voltaje.
- Fuente de un solo punto: la luz se puede direccionar en un punto concreto para incrementar la eficiencia.
- Colores vivos y saturados sin filtro.
- Temperaturas de operaciones altas hasta $185\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Tiempo de vida extensa (20000 a +100000 horas)
- No contiene mercurio (el cual al exponerse en el medio ambiente es altamente venenoso, en comparación con la tecnología fluorescente no crean campos magnéticos altos, con los cuales se crea mayor radiación residual hacia el ser humano.
- Mejor índice de producción cromática que otros tipos de luminarias.

Los desafíos de la iluminación minera, las lámparas tradicionales son complicadas de instalar en un túnel minero y el gasto de mantenerlas es alto debido al polvo, la humedad, las aguas acidas y la presión del trabajo. Para estos casos y otros la cinta LED es la mejor solución, figura 5, ya que posee mayor eficiencia energética generando ahorros desde un 50% a más, de instalación sencilla y rápida, generando ahorros adicionales del 25% mensual en gastos en mantenimiento.

El modelo más pequeño de cinta LED de 9 watts tiene un consumo de energía de 9 kilowatts por kilómetro, iluminando de forma uniforme un túnel estándar de $4\text{m} \times 5\text{m}$ entregando una excelente calidad de iluminación de 97 luxes a nivel de piso.



Figura 5. Cinta LED

Fuente: Led-line.in.ua

2.2.6 Sistema simétrico

Se trata de un sistema que no produce deslumbramiento el cual aplicable en zonas interiores de un túnel, por lo tanto, se debe disponer de este sistema simétrico en espacios cerrados. Si se diseña un solo sistema debe ser el simétrico por su intensidad lumínica respecto a un plano perpendicular al eje del túnel que marca la circulación.

Se acopla bien, con buena visibilidad de objetos, a superficies difusoras tanto del pavimento como de las paredes del túnel. Aunque la naturaleza del objeto puede afectar, el simétrico es un sistema desarrollado para procurar la claridad de los objetos, que deben aparecer más iluminados, en contraste con el fondo más oscuro.

Resulta mejorable en las bocaminas especialmente cuando se quieren conseguir por encima de las 200 cd/m² (448 lúmenes/m²) aparecen limitaciones serias por la propia genética del sistema y en la velocidad de los vehículos. Las velocidades limitantes a la entrada de un túnel se encuentran entre por encima de los 60 a 65 km/h según el tipo de iluminación, aunque es muy extraño alcanzar esta velocidad en mina, por lo tanto, la luz led en bocamina es más que suficiente para un transporte fluido (Luminotecnia, 1999, p.112).

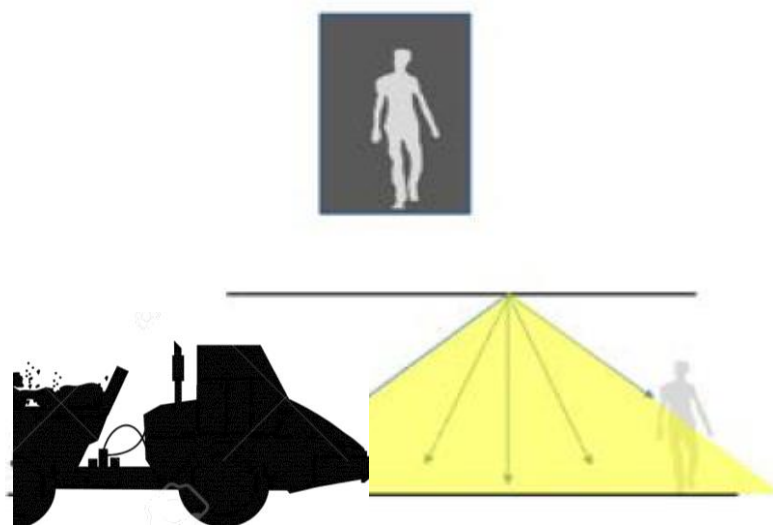


Figura 6. Enfoque de la iluminación
Enfoque de la iluminación tradicional con lámparas básicas.

2.2.7 Importancia de la iluminación en la Minería

La Revista Iluminet (2018) en su artículo “Luz en las Profundidades: Iluminación en la Minería” publicó que desde la época antigua, la minería es una de las labores más peligrosas, una de las que más vidas se ha cobrado a un precio injusto. Durante la época colonial en México, indígenas y esclavos negros fueron obligados a adentrarse en los escabrosos túneles de las minas, iluminándose con antorchas el camino, y cargando en sus espaldas la pesada carga hacia la superficie. La luz de esta era necesaria pero también un peligro, las cavernas a las que se adentraban solían albergar gases explosivos.

En la Inglaterra de la Revolución Industrial, la explotación del carbón –principal combustible que alimentó a las nuevas maquinarias– inicio su auge. Pero el auge llegó a un costo muy alto. Los mineros laboraban en condiciones peligrosas y extenuantes, y los accidentes se cobraron continuamente numerosas vidas. Algunos de ellos se adentraban a las profundidades de la tierra al iniciar el día, pero ahí, donde la luz no llega, era adentrarse a la noche del subsuelo. La única luz que veían eran la luz lánguida de las linternas y los mineros que sobrevivían a los accidentes poco a poco iban quedándose ciegos.

Ante esta larga historia de injusticia es un deber brindar a los mineros de hoy lo que la mayoría de los mineros del pasado no tuvieron: seguridad. Una buena iluminación es necesaria, porque permite identificar posibles peligros como la presencia de fracturas y rocas sueltas. En cambio, un mal alumbrado provoca una mayor fatiga en el trabajador, disminuye su productividad y aumenta la probabilidad de accidentes. La luminaria debe estar protegida contra el polvo, debe contar con una hermeticidad de al menos un IP 65, y ser capaz de resistir sacudidas y golpes que puedan llegar a ocurrir en las minas.

Hoy en día existen las posibilidades de asegurar una protección adecuada al trabajo minero. Hay detectores de gas, las vigas que sostienen los túneles son más seguras, la luz es más eficiente y provee de una mejor iluminación. La tecnología ha permitido crear un alumbrado más eficiente y que brinde mayor seguridad. El LED, por ejemplo, tiene una mayor vida útil, permite reducir los costos de mantenimiento, reduce el consumo de energía, se incrementa la calidad de luz en relación con las tecnologías de sodio del pasado, tiene una menor emisión de calor, puede trabajar en temperaturas entre -40 °C y 50°C y, también pueden contar con un sistema a prueba de fallos.

Asimismo, el Servicio nacional de Geología y Minería Chile (2018) en su artículo Accidentabilidad Minera Tercer Trimestre 2018 menciona que la causa de accidentes por mala iluminación es de un 26% y se da mención a un accidente “común” dentro de este porcentaje.

Descripción del accidente. - En circunstancia que el operador de scoop efectuaba la extracción de marina y cargaba los camiones con equipo a control remoto, inexplicablemente porque y para que se acercó al equipo funcionando, puesto que el operador fue encontrado entre la parte trasera izquierda del scoop y la caja del socavón con lesiones que posteriormente le causaron su fallecimiento.

Causas

Actos Inseguros

No aplicar el procedimiento PT-OPPN-05 “EXTRACCIÓN DE MARINAS” que indica distancia mínima de 10 metros del operador al extremo más cercano del scoop.

Condiciones Inseguras

Espacio reducido para operación de equipo a control remoto y distancia de seguridad para su operación, conforme a procedimientos y estándares internos.

Iluminación deficiente: El lugar de carguío donde ocurrió el accidente no posee iluminación adicional, solo contaba con la iluminación del equipo Scoop, en las condiciones del accidente la visibilidad es deficiente y no es posible ver con claridad la operación de carguío a 20 m de la ventana de carguío.

CAPÍTULO III
DESARROLLO DEL TRABAJO

3.1. Finalidad

Proponer implementar el uso de las cintas LED en las áreas de alto tránsito dentro de las instalaciones de la CIA Casapalca SA.

3.2. Propósito

Demostrar las características resaltantes de las cintas LED tales como su resistencia, su mantenimiento, su iluminación y costos en comparación al sistema de iluminación que se acostumbra usar en la CIA Casapalca SA para así proponer su implementación. Obtener los resultados normalizados en las áreas de alto tránsito, optimizar horas de trabajo y producción al implementar esta nueva forma de ahorrar energía, reduciendo el porcentaje de accidentes dentro de mina.

Promover que otras empresas mineras rescaten esta propuesta como una alternativa del sistema de seguridad en este rubro, por lo tanto, nuestra persistencia será constante para dar a conocer que la seguridad está primero, incluso antes de la producción. Se conoce que este factor no es visto por todos del mismo modo, siempre uno es más cuidadoso que otro, en ocasiones los colaboradores adoptan un comportamiento establecido que tienen óptimas cualidades, pero no las necesarias para ver un resultado evolutivo. Lo ideal es que la seguridad se ha de carácter indispensable para uno mismo, formando hábitos de cuidarse unos a otros sin la necesidad de que un tercero ejerza presión y así generar una autoestima sólida, captar valores en lo personal y laboral.

3.3. Componentes

En este trabajo de aplicación profesional encontrarnos como evidencia la recolección de datos de la empresa minera Casapalca S.A. no están lineados con los estándares establecidos por su régimen, además de reconocer que una de las causas principales de accidentabilidad dentro de mina son las caídas al mismo nivel y a diferentes alturas, por el factor de iluminación. Por lo antes mencionado, se comenzó a identificar las áreas que no cuentan con la iluminación apropiada, motivo lo cual nos llevó a comparar las lámparas en uso y nuestra propuesta de implementación de cintas led comparando la diferencia de costos entre ambos productos.

3.4. Actividades

Dentro de las actividades principales para lograr nuestro objetivo fue obtener la inducción e ingresar a laborar como practicantes a la Compañía Minera Casapalca S.A. se realizó durante 15 días aproximadamente lo cual fue enriquecedor en conocer los procesos del desarrollo de las actividades permitiéndonos tener un panorama amplio de las fortalezas y debilidades que identificamos la carencia de contar con un adecuado de sistema de iluminación. Ya contratados por la compañía tuvimos acceso a contar con equipo de trabajo digital luxómetro que nos sirvió para identificar las áreas que no cumplían con la medida de iluminación requerida según el D.S. 024 2016 EM con su modificatoria 023 217 EM, contar con este instrumento de trabajo no fue oportuno generando dificultades para la toma de muestras. Con el equipo adecuado se evaluó, analizo cada característica de las cintas LED para presentar la propuesta de implementación buscando como beneficio la reducción considerable de costos por consumo de energía y mantenimiento de alumbrado, agregando también que reduciría notablemente el número de accidentes dentro de mina.

3.4.1. Primer procedimiento: Identificación de Áreas

El primer procedimiento fue ubicar las áreas que incumplen con lo que se estipula en el D.S 024 2016 EM y su modificatoria 023 2017, donde señala la medida de iluminación (lux) necesaria según el área indicada.

Tabla 6.

Medidas lux según DS 024 2016 EM anexo 37

ÁREAS	MEDIDAS LUX SEGÚN DECRETO
Rampa	1520 - 2800
Comedor	150
Sala auditoria	300 - 500
Taller de mantenimiento (subestación)	1500 - 2000
Despacho	100- 150

Fuente: D.S. 024 2016 EM anexo 37

Después de 3 meses de estudio y toma de medidas en la Cia Minera Casapalca SA, ubicada a más de 4200 msnm, laborando entre los niveles 14 y 18 dentro de la zona “Veta – Oroya” e indagando en diferentes labores y estando en la planta metalúrgica de Casapalca de la zona “Eloyda”, en comedores y oficinas. Se elige por los comedores, subestación, sala de auditoria y despacho. El objetivo principal sería aumentar la seguridad con la iluminación y obtener una reducción al consumo excesivo de energía eléctrica. Además, se recogieron diferentes muestras de rendimiento y consumo de energía, tomando promedios del costo por día y anual. Resaltamos que estos estudios solo se dieron en un área en específico, pero se pueden aplicar en todos los talleres existentes en compañía para así maximizar el grado de resultados dados por este proyecto. También se encontraron áreas sin iluminación absoluta, figura N° 7, lo cual se ve reflejado en la causa de muchos accidentes en esta compañía.

3.4.2. Segundo procedimiento: Recolección de testimonios

También recolectamos diferentes testimonios de las personas que laboran en estas áreas para conocer su opinión acerca de las propuestas de implementar las cintas LED, evidenciando que estas cintas no son del conocimiento de la mayoría, sin hacerle publicidad a ninguna marca en general. Ante ello, podemos garantizar la efectividad de estas luces LED ya que generan un ahorro masivo, suministrando el buen uso de la energía.



Figura 7. Casapalca - Rampa principal sin iluminación

Nivel 10 de la zona Oroya, la rampa no cuenta con la iluminación requerida según lo estipulado en el DS 024 2016

3.4.3. Tercer procedimiento: Recolección de datos

Se obtuvo más información sobre el consumo de energía eléctrica de dicha empresa, como las actividades que implican el uso permanente de iluminación y el elevado costo de las tarifas de este servicio básico. Implica identificar las secciones que utilizan más este servicio y conocer el gasto por sección/ tiempo para este proceso se utilizaron croquis, mapas y planos de todas las instalaciones dentro de mina.



Figura 8. Luxómetro de la Compañía Casapalca S.A.

Fuente: Extech

a) *Labores identificadas con permanente iluminación*

Ubicamos a un comedor de medidas 30.00 x 8.00 metros y a una rampa de 4.00 x 4.00 metros con más de 2000 metros lineales dentro de mina, entre otras labores.

Tabla 7.

Medidas obtenidas por el luxómetro

ÁREAS	TOMA DE MEDIDAS CON EL LUXÓMETRO POR M ²
Rampa	20 – 60
Comedor	75
Sala auditoria y capacitaciones	70 – 150
Taller de mantenimiento (subestación planta eléctrica)	40 – 63
Despacho	30 – 50

Nota: Medidas de las áreas de mayor consumo, el luxómetro se ubicó en cada metro cuadrado del área para tomar una medida exacta de iluminancia.

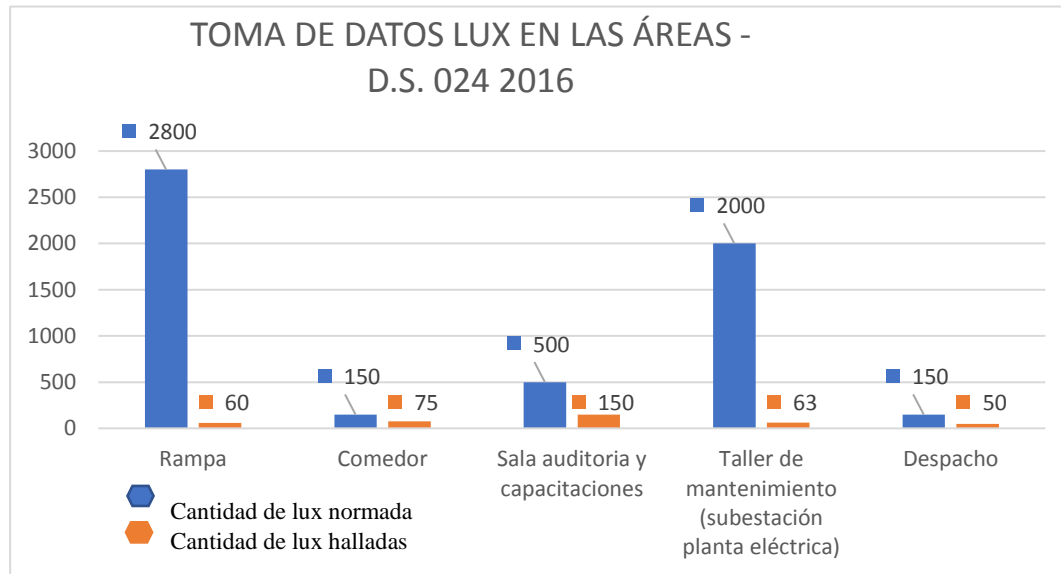
b) Comparación de la iluminación de las labores con la norma

Para comenzar con este proceso fue indispensable contar con un croquis y planos de las labores dentro de mina, se ubican los accesos, rampa, comedores entre otros.

Tal como se representa la rampa en la figura N° 9 siendo que esta labor y las otras identificadas no cumplen con lo que se requiere según en el anexo 37 del DS 024 216 EM.

Tabla 8.

Comparación de medidas de lux entre los existentes y lo que indica la norma



c) Entrevista

En este proceso nos apersonamos a las oficinas de la empresa minera para obtener información directamente sin intermediarios sobre el consumo de energía en alumbrado. Se preguntó ¿Cuánto tiempo se mantiene iluminada el área que exige más luz? Como respuesta indicaban que ignoran dicha información, mientras otros respondían con las respuestas exactas que buscábamos. Sucesivamente, llegamos a la conclusión de que el área con más consumo en iluminación eran los auditorios.

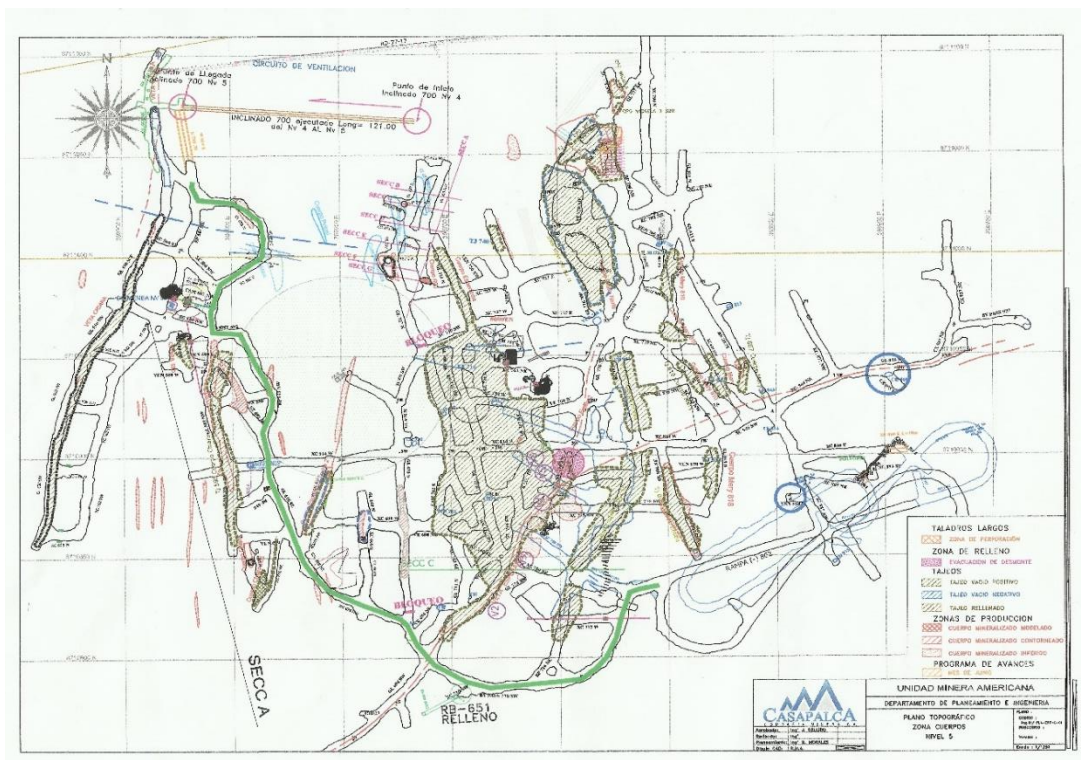


Figura 9. Croquis de accesos a las labores

Fuente: Of. Planeamiento Casapalca



Figura 10. Nivel 5 de la zona "Oroya"

Fuente: Minera Casapalca S.A

3.4.4. Estadía de trabajo del equipo de estudio

El equipo de trabajo al laborar en la empresa logró contar con la información recolectada para hallar la formulación del problema que consideró como un reto para desarrollar esta propuesta de implementación de iluminación como un trabajo de aplicación profesional.

Elección del nuevo sistema de Iluminación

El siguiente paso sería analizar el tipo de iluminación que reemplace y que presente ahorro en mejor proporción la energía. Por lo cual se realizó tablas informativas, donde se presenta modelos, diseños, consumo de vatios por metro y otras características de las cintas LED.

3.4.5. Tarifa del consumo de energía según Luz del sur

Tabla 9.

Tarifa por consumo, ENEL Perú y Luz del Sur.

Rango (kWh)	LIMA (1) (2) incl. IGV(S/)	Provincias Centro (1) (2) (3) incl. IGV (S/)
De 0 a 30 kWh	0.50	0.47
superior a 30 hasta 100 kWh	3.47	3.30
superior a 100 hasta 150 kWh	5.95	5.66
superior a 150 hasta 300 kWh	12.39	11.80
superior a 300 hasta 500 kWh	17.35	16.52
superior a 500 hasta 750 kWh	34.69	33.04
superior a 750 hasta 1000 kWh	39.65	37.76
superior a 25000 hasta 30000 kWh	619.50	590.00
superior a 30000 hasta 50000 kWh	743.40	708.00
superior a 50000 hasta 75000 kWh	867.30	826.00

superior a 75000 hasta 100000 kWh	991.20	944.00
superior a 100000 hasta 200000 kWh	1486.80	1416.00
superior a 200000 hasta 400000 kWh	1982.40	1888.00
superior a 400000	2478.00	2360.00

Fuente: ENEL

Según el cuadro de tarifas, el costo promedio en lugares domésticos es de S/.0.50 a S/.0.40 el kWh, se entiende que el consumo es menor a los 30 kWh. En cambio, el sector minero triplicó su consumo anual de energía entre el 2005 y 2019 al pasar 5,737 Gigavatios-hora (GWh) a 16,090 GWh.

3.4.6. El consumo de energía en iluminación de Cía. Casapalca SA

Rampa

Se observó que en esta había lámparas incandescentes cada 50 metros en 1500 metros lineales para lo cual se establece que:

Tabla 10.
Consumo de energía en rampa

N° de Bombillas	Consumo en una Hora	24 horas	1 mes	1 año
1	100 vatios	2.4 kW	72 kW	864 kW
30	3 Kw	72 kW	2160 kW	25920 kW

Comedor

El comedor que se encuentra dentro de mina con 240 m² cuenta con tubos Philips T12 de 40 vatios, un total de 36 unidades

Tabla 11.

Consumo de energía en el comedor.

N° de fluorescentes	Consumo en una Hora	24 horas	1 mes	1 año
1	40 vatios	0.96 kW	28.8 kW	345.6 kW
36	1.44 kW	34.56 kW	1036.8 kW	12441.6 kW

Taller de mantenimiento (subestación)

Este taller de mantenimiento se ubica en la planta de la CIA, donde se utilizan 10 reflectores de 200 W un espacio de 200 m².

Tabla 12.

Consumo de energía en el taller de mantenimiento o Subestación.

N° de reflectores	Consumo en una Hora	24 horas	1 mes	1 año
1	200 vatios	4.8 kW	144 kW	1728 kW
10	2 kW	48 kW	1440 kW	17280 kW

Despacho

En esta área ubicada en planta, se es necesaria la iluminación adecuada según la labor a realizar debido a las exigencias que la cual necesita por ser un área muy extensa, donde se observó una mala iluminación a pesar de ser un espacio donde se presenta muchas partículas de plomo y zinc en suspensión. En un área de 2,602.6 m².

Tabla 13.

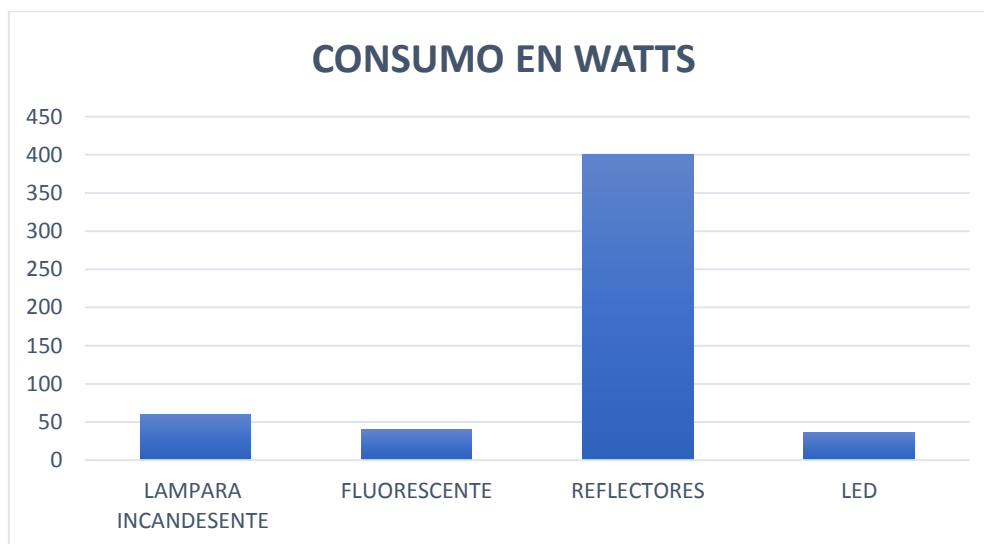
Consumo de energía de Despacho.

N° de reflectores	Consumo en una Hora	24 horas	1 mes	1 año
1	400 vatios	9.6 kW	288 kW	3456 kW
18	7.2 kW	172.8 kW	5184 kW	62208 kW

El consumo de las diferentes lámparas encontradas, entre ellas bombillas, fluorescentes y reflectores es excesivo al nivel de iluminancia que ofrecen tal como se presenta en la tabla N° 14, siendo así que resulta favorable poder presentar la propuesta para una mejora en costos a largo plazo y en seguridad, con la implementación de estas cintas LEDs la relación que debe cumplir una lámpara eficiente es de menor consumo de energía y en cambio presente mayor iluminación y enfoque de colores cálidos o fríos según lo requiera el área, y mayor tiempo de vida, fácil instalación, y no contaminante.

Tabla 14.

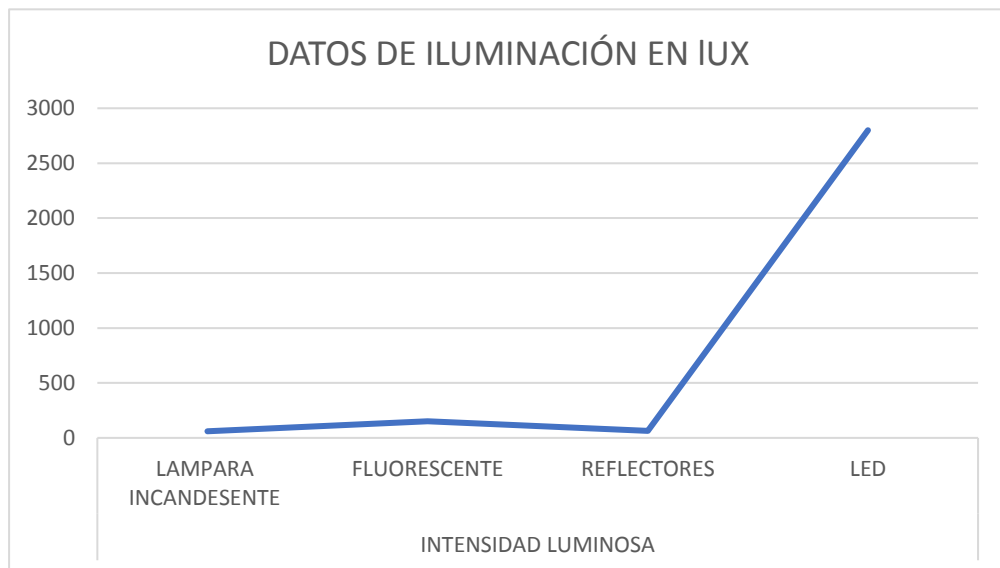
Consumo de watts por tipo de lámparas



Nota: Representa el consumo en watts según el tipo de lámpara usada en las áreas escogidas, en la cual se observa que los reflectores alcanzan el mayor consumo, mientras los LEDs no sobrepasan los 50 watts por hora.

Tabla 1.

Intensidad de iluminación por tipo de lámpara usada.



Nota: En este gráfico de líneas vemos que los LEDs emiten mayor cantidad de iluminación llegando a 2800 lux con facilidad mientras la diferencia con las lámparas tradicionales es inmensa.

3.4.7. Consumo de energía

Con la tabla tarifaria de Enel y Luz del sur se determina el costo por consumo de energía en luz en estas áreas. El consumo de energía mensual en la Cia Casapalca supera los 400000 kWh, pero se da mención que, aunque existe un subsidio para las zonas rurales y más pobres, la ley establece que el costo de cada kW/h (kilowatt por hora) consumido no puede ser mayor a S/ 0,55 en minería tal como señala la Ley N° 30468-2018 EM. En ese caso tomamos como referencia la tarifa límite que indica la ley para alcanzar nuestros cálculos de consumo.

Rampa

Tabla 2.

Costo por consumo de energía en rampa.

N° de Bombillas	Consumo en una Hora	1 mes	1 año	Costo por hora	Costo por mes	Costo por año
1	100 vatios	72 kW	864 kW	S/.0.06	S/.1.8	S/.21.6
30	3 kW	2160 kW	25920 kW	S/.1.65	S/.1188.00	S/.14256.00

Nota: Se detalla el consumo de la bombilla en costo por hora, mes y año por la cantidad de unidades que se usa.

Comedor

Tabla 3.

Costo por consumo de energía en el comedor de mina.

N° de fluorescentes	Consumo en una Hora	1 mes	1 año	Costo por hora	Costo por mes	Costo por año
1	40 vatios	28.8 kW	345.6 kW	S/.0.022	S/.15.84	S/.190.08
36	1.44 kW	1036.8 kW	12441.6 kW	S/.0.80	S/.570.2	S/.6842.8

Nota: Se detalla el consumo de los fluorescentes en costo por hora, mes y año por la cantidad de unidades que se usan.

Taller de mantenimiento (Subestación)

Tabla 4.

Costo por consumo en el taller de mantenimiento (Subestación)

N° de reflectores	Consumo en una Hora	1 mes	1 año	Costo por hora	Costo por mes	Costo por año
1	200 vatios	144 kW	1728 kW	S/.0.11	S/.79.2	S/.950.4
10	2 kW	1440 kW	17280 kW	S/.1.10	S/.792.0	S/.9504.0

Nota: Se detalla el consumo de los reflectores en costo por hora, mes y año por la cantidad de unidades que se usan.

Despacho

Tabla 19.

Costo por consumo en Despacho.

N° de reflectores	Consumo en una Hora	1 mes	1 año	Costo por hora	Costo por mes	Costo por año
1	400 vatios	288 kW	3456 kW	S/.0.22	S/.158.4	S/.1900.8
18	7.2 kW	5184 kW	62208 kW	S/.3.96	S/.2851.2	S/.34214.4

Nota: Se detalla el consumo de los reflectores en costo por hora, mes y año por la cantidad de unidades que se usan.

Consumo de energía de las cintas LED

Tabla 20.

Consumo y costo de energía de las cintas LED.

N° de LED	Consumo en una Hora	1 mes	1 año	Costo por hora	Costo por mes	Costo por año
1 tira de 5 metros	72 vatios	51.84 kW	622.08 kW	S/.0.04	S/.28.5	S/.342.1

Nota: Se identifica el consumo de las cintas LED de 5 metros.

3.4.8. Tiempo de vida, costo unitario y costo de instalación de la cinta LED

Se representa el tiempo de vida de cada tipo de iluminación usada en la Cia Casapalca S.A. para compararla con las cintas LED.

Tabla 21.

Tiempo de vida en horas, costo por unidad e instalación

	Bombilla de 100 vatios	Fluorescente Philips 40 vatios	Reflector de 200 W	Reflector de 400 W	CINTA LED SMD 5050
Horas de vida	8000	7000	4000	4000	20000 - 100000
Costo por unidad	S/.4.00	S/.16.99	S/.350.00	S/.300.00	S/.75.00
Costo de instalación	S/.25.00	S/.18.00	S/.120.00	S/.120.00	S/.80.00

Nota: Se presenta las horas de vida por tipo de lámpara, costo por unidad y costos de instalación cotizadas por dos empresas.

Tabla 22.

Tiempo de vida en meses, costo por año y costo de instalación.

	Tiempo de vida en meses	Costo por cantidad evaluada en 1 año	Costo de instalación total	Costo total
Bombilla de 100W - Rampa	11 meses aprox.	S/.130.80	S/.1500.00	S/.1630.80
Fluorescente Philips 40W - Comedor	9 meses aprox.	S/.815.40	S/.1300.00	S/.2115.40
Reflector de 200W - Subestación	5 meses aprox.	S/.8400.00	S/.3600.00	S/.12000.00
Reflector de 400W - Despacho	5 meses aproximados	S/.12960.00	S/.6480.00	S/.19440.00
COSTO TOTAL		S/.22306.20	S/.12880.00	S/.35186.20

Nota: Se detalla las horas de vida en meses y costo total.

3.4.9. Costo de aplicación de las cintas LED en las áreas señaladas

Las cintas LED propuestas son SMD Surface Mounted Device o Dispositivo de Montaje Superficial, teniendo como característica de los LED están montados en una cinta. En versión SMD 5050.

Las especificaciones de las cintas LED SMD son las siguientes:

- 5mm x 5mm con 5mtrs de largo y con un consumo de 0.5 vatios por LED con transformador incluido de 220 a 24 voltios.
- Cada metro de cinta emite de 1200 a 1800 lúmenes.
- El precio de cada cinta está a S/.75.00, con 50000 horas de vida equivalentes a 6 años aproximados.

- El área de influencia de esta cinta LED es de 36 metros con un ángulo de proyección de 170°.



Figura 11. LED

Tabla 23.

Costo por cantidad usada, instalación y consumo anual

	Unidades a usar de cintas LED	Costo por cantidad de unidades	Costo de instalación	Costo de consumo	COSTO TOTAL
Rampa	28	S/.2100.00	S/.2000.00	S/. 9074.80	S/.13174.00
Comedor	10	S/.750.00	S/.800.00	S/. 3241.00	S/.4791.00
Taller de mantenimiento	10	S/.750.00	S/.800.00	S/. 3241.00	S/.4791.00
Despacho	30	S/.2250.00	S/.2400.00	S/. 9723.00	S/.19023.00
TOTAL	78	S/.5850.00	S/.6000.00	S/.25279.80	S/.41779.00

Nota: Costo por unidades a utilizar según el área, la instalación fue cotizado por dos empresas del rubro eléctrico y civil

Fuente: Corporación Adorio S.A.C. y Corporación ATG S.A.C.

Aplicando el sistema alternativo de cintas LED – Evaluación anual

Tabla 24.

Diferencias de costos y ahorro

	Costo actual por consumo instalación y material	Costo de la propuesta con cintas LED	Diferencia y ahorro
Rampa	S/. 15996.00	S/.13174.00	S/.2822.00
Comedor	S/. 9366.00	S/.4791.00	S/.4575.00
Taller de Mantenimiento	S/. 23604.00	S/.4791.00	S/.18813.00
Despacho	S/. 56894.00	S/.19023.00	S/.37871.00
AHORRO TOTAL ANUAL DE ESTAS ÁREAS			S/. 64081.00

3.5. Limitaciones

De acceso al trabajo en mina

- Carencia de convocatorias de solicitud de colaboradores para trabajar en las minas a nivel nacional, sus exigencias para contar con una plaza de trabajo.
- Las postulaciones son las evaluaciones de manera presencial en el mismo lugar y si es apto se desarrolla en varios días la inducción.
- Acceso de hospedaje limitado en los alrededores de la mina.

De acceso al desarrollo del proyecto

- Solo contábamos con 4 meses máximos disponibles para realizar el estudio de iluminación en las áreas de alto tránsito, realizarlo los domingos y en horarios de madrugada, considerando que días hábiles están ocupadas con las labores.
- No contábamos con un luxómetro individual, el cual nos dificultaba avanzar con el proceso de la propuesta.
- Existe áreas de acceso restringido en la mina para el personal nuevo, se tenía que solicitar los permisos correspondientes para realizar la evaluación necesaria.

De acceso a la implementación

- Contar con proveedores de cintas LED que brinden productos garantizados.
- Dificultad de contar oportunamente cotizaciones de servicio de instalación de iluminación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

RESULTADOS

Esta propuesta permitió demostrar que con la aplicación de cintas LED en áreas de alto tránsito tendría como beneficio la reducción de costo por consumo de energía hasta un 58% en iluminación estimado aproximadamente de S/.64081.00 anual.

Tabla 25.

Resultado de reducción en consumo

Área	Sistema actual	Sistema LED	% Variación
Rampa	25920.00 kW	17418.24 kW	32.8%
Comedor	12441.60 kW	6220.80 kW	50%
Subestación	17280.00 kW	6220.80 kW	64%
Despacho	62208.00 kW	18662.40 kW	30%
TOTAL	117849.60 kW	48922.24 kW	58.5%

La implementación de esta propuesta reducirá la tasa de accidentabilidad en minería subterránea tal como lo hizo en otros países mineros.

Tabla 26.

Reducción de fatalidades a nivel mundial

País	Tasa de Fatalidad inicia	Tasa de fatalidad final	% reducción
China (2001 - 2008)	3.18%	0.84%.	73.6%
Chile 2000 – 2014)	0.18%	0.05%	72.3%
Ecuador (2010 – 2015)	66 casos	11 casos	83.4%
Promedio			76.4%

El presente estudio se ha realizado con parámetros según el D.S. 024 2016 EM, demostrando las debilidades que presenta las bombillas usadas actualmente en la Compañía Minera Casapalca S.A., como ejemplo la gran diferencia de lúmenes que nos ofrece este sistema a diferencia del sistema tradicional.

Tabla 27.

Comparación de sistemas por unidades Lux

Área	Sistema actual (lux)	Sistema LED en base al D.S 024 2016 EM (lux)
Rampa	20 - 60	2800
Comedor	75	150
Subestación	70 - 150	2000
Despacho	40 - 63	150

Las propiedades de las cintas Led en ambientes exigentes como lo es la minería subterránea lo vuelve la opción más competente en comparación a las lámparas tradicionales por su tiempo de vida, resistencia a la corrosión y a las aguas acidas.

En el análisis se evidencia que el consumo de vatios de las cintas LED es la menor entre todas las bombillas del mercado y asimismo su eficiencia (menor consumo/mayor iluminación) es la más efectiva al usar 14.4 vatios por metro. Asimismo, los lúmenes ofrecidos son los más semejantes a la luz natural.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- a) Se propuso la implementación de la iluminación de las cintas LED para mejorar áreas de alto tránsito Compañía Minera Casapalca S.A.
- b) Esta propuesta permitió dar a conocer en KPI (indicadores) el cambio en su eficacia en consumo de energía e iluminación, cumpliendo con las normas establecidas de esa manera reducir costos en mina y accidentabilidad.
- c) Se comparó los tipos de iluminación, con la propuesta de las cintas LED, y se obtuvo la diferencia de costos de los mismos, demostrando las ventajas de implementarlas.
- d) La propuesta de aplicación de cintas LED en las áreas de alto tránsito en la Compañía Minera Casapalca S.A. es una opción a tratar para mejorar la iluminación, cumpliendo con lo estipulado en el D.S 024 2016 EM con el objetivo de reducir los costos, gastos en vano y fortalecer las medidas de seguridad, dirección hacia donde apunta la minería actual, la minería del futuro.
- e) Finalmente, se ha demostrado las bondades de las cintas LED a efecto del uso para las actividades mineras, considerando las experiencias que se desarrollan en otros países.

RECOMENDACIONES

- a) Cambiar las luces tradicionales por las luces LED, ya que estas ofrecen muchos beneficios en costo, rendimiento y consumo.
- b) Emplear cajas térmicas independientes para los sistemas de iluminación.
- c) Inspeccionar los programas de supervisión en los sistemas de iluminación.
- d) Unificar la iluminación con un solo sistema integral para poder evaluar los KPI en las empresas mineras.
- e) Exigir las medidas de seguridad pertinentes antes de efectuar la recolección de datos dentro de las labores.

REFERENCIAS

- Abril Orellana, B. J., y Matute Matute, X. L. (2015). *Análisis del área de cobertura para la tecnología de comunicación por luz visible dentro de los túneles mineros*. [Tesis de pregrado en Ingeniería Electrónica, Universidad del Azuay]. Archivo digital. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/4277>
- Cansinos Bajo, D. A. (2015). Guía de iluminación en túneles e infraestructuras subterráneas – Madrid ahorra con Energía. *Consejería de Economía y Hacienda – Comunidad de Madrid*. <https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2015/06/Guia-de-Iluminacion-en-Tuneles-e-Infraestructuras-Subterraneas-fenercom-2015.pdf>
- Creara España (2017, 21 de diciembre). *Iluminación LED, tecnología ideal para la minería*. <https://www.creara.es/post/iluminacion-led-tecnologia-ideal-mineria>
- Crouse Hindslatam (2018). *Soluciones para la minería*. Cooper. http://www.crouse-hindslatam.com/uploads/pdfs/products/families/CATALOGO_PRODUCTOS_COPPER_INDUSTRIES_MINERIA.pdf
- Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española. (2020). *Iluminancia*. <https://dle.rae.es/iluminancia?m=form>
- DS- 055-2010 EM. (2010, 21 de agosto). *Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional y otras medidas complementarias en minería*. http://www.minem.gob.pe/_legislacionM.php?idSector=1&idLegislacion=6013
- DS 024-2016-EM modificado por D.S. N° 023-2017-EM. (2017, 18 de agosto) *Reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería*. http://minem.gob.pe/_legislacionM.php?idSector=1&idLegislacion=10221

El Colegio de Ingenieros de Chile. (2018, 26 de marzo). Iluminación LED con tecnología de punta, Eficiencia energética y bienestar personal. *A.G. Portal Minero*.

<https://www.portalminero.com/pages/viewpage.action?pageId=151618739>

La corporación FCR (2017). *soluciones integrales*
<http://corporacionfcr.com.pe/categoria-producto/iluminacion-led/>

La Revista Iluminet. (2018, 20 de marzo). “*Luz en las Profundidades: iluminación en la minería*”. <https://www.iluminet.com/luz-profundidades-iluminacion-mineria/>

Ley N° 28964. (2007, 24 de enero) Ley que transfiere competencias de supervisión fiscalización de las actividades mineras al OSINERG. <http://www2.osinerg.gob.pe/MarcoLegal/docrev/LEY-28964-CONCORDADO.pdf>

Ministerio de Energía y Minas (24 de octubre del 2017) Campaña del MEM "Cambia a LED. Ilumina Eficiente" llegó a Huancayo. <https://www.minem.gob.pe/detallenoticia.php?idSector=12&idTitular=8126>

Morente Montserrat, C. (2013, 29 de octubre). Fundamentos de la Iluminación. *Group d'Estudis Luminotécnicos*. <https://grlum.dpe.upc.edu/manual/fundamentos/Iluminacion-laVision.php>

Pedrosa M. J. (2017, 27 de abril). Productividad iluminada. *Minería Pan-Americana*
<https://www.mineria-pa.com/productos-y-tecnologia/productividad-iluminada/>

Phoenix lighting. (2018). *Iluminación duradera, hecha para minería*.
https://www.phoenixlighting.com/sites/default/files/n5499927a_phoenix_mining_brochure_spreads_email_version_spa.pdf

Revista Energética de Chile. (2016, 11 de abril). Iluminación en faenas mineras: Lo esencial es la adaptabilidad. <https://www.revistaei.cl/informes-tecnicos/iluminacion-en-faenas-mineras-lo-esencial-es-la-adaptabilidad/>

Philips. (2015). *Manual alumbrado Philips*. Editorial Paraninfo

R. N° 324-2018-OS/CO. (2018, diciembre) Supervisión de Contratos de Proyectos de Generación y Transmisión de Energía Eléctrica. OSINERGMIN. https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/electricidad/Documentos/Publicaciones/Compendio-Proyectos-GTE-Construccion-diciembre-2018.pdf

R.M. N° 494-2017 MFM-DM. (2017, 17 de febrero) Fichas de homologación para equipos de iluminación (Paneles LED). Ministerio de Energía y Minas. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/95400/RM_494_2017_DM.pdf

R. M. N° 501-2017-MEM-DM. (2017, 01 diciembre). Aprueban criterios técnicos conforme a lo dispuesto en los artículos 35 y 76 del Reglamento de Procedimientos Mineros, aprobado por Decreto Supremo N° 018-92-EM. OSINERGMIN. https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/PlantillaMarcoLegalBusqueda/Resol-501-2017.pdf

Seguridad Minera. (2019, 18 de junio) “El costo de las pérdidas por accidentes de puentes aéreos de las palas” *Revista Seguridad Minera*. <https://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/southern-peru-uaajone-instala-cables-electricos-con-luces-led-en-los-puentes-aereos-de-palas-electricas/>

Servicio Nacional de Geología y Minería ,Sernageomin. (2018). Accidentabilidad Minera Tercer Trimestre 2018. *Gobierno de Chile. Servicio Nacional de*

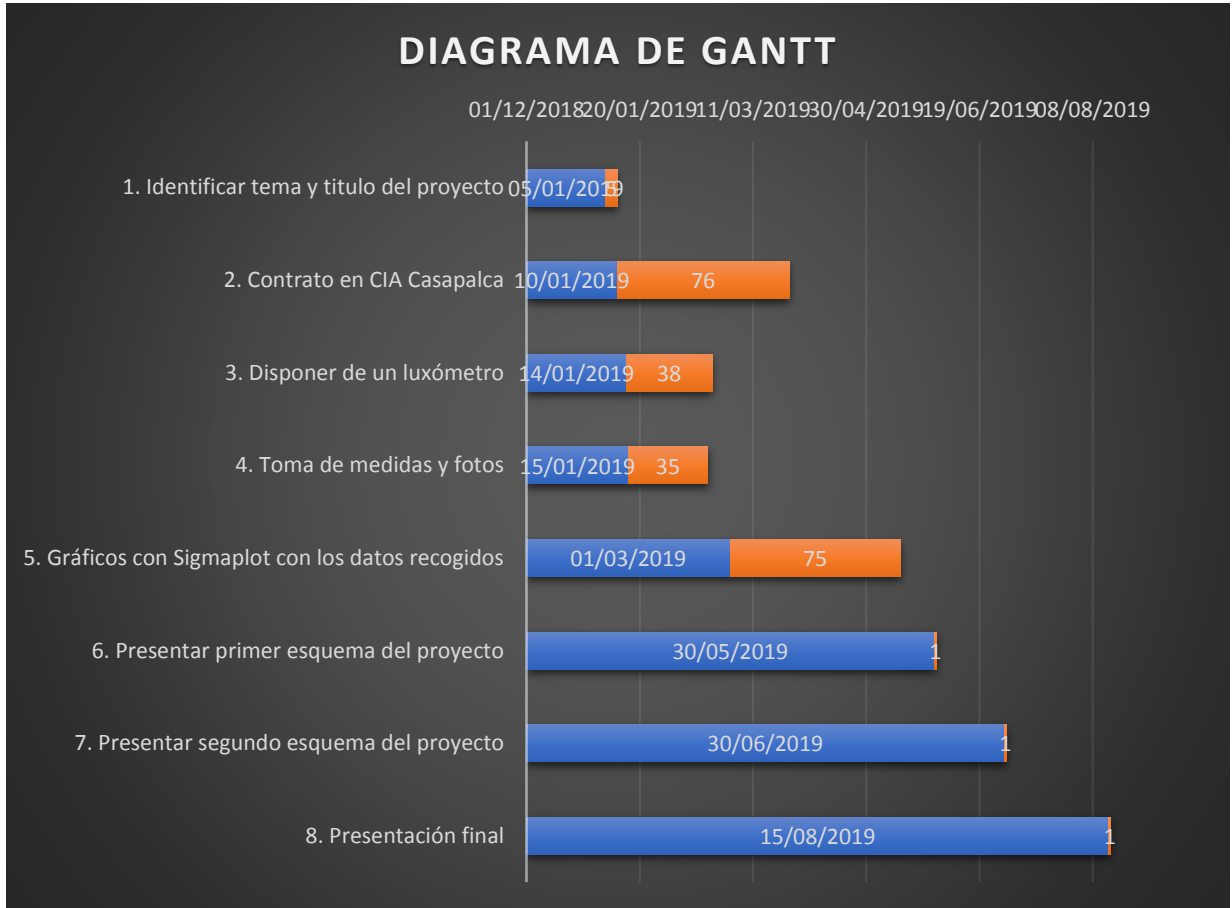
Geología y Minería. Seguridad Minera. https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2018/11/PresentacionAccidentestercertrimestre2018_.pdf

Velasco, J. I. L. (1994). *Elementos de alumbrado*. IP

APÉNDICES

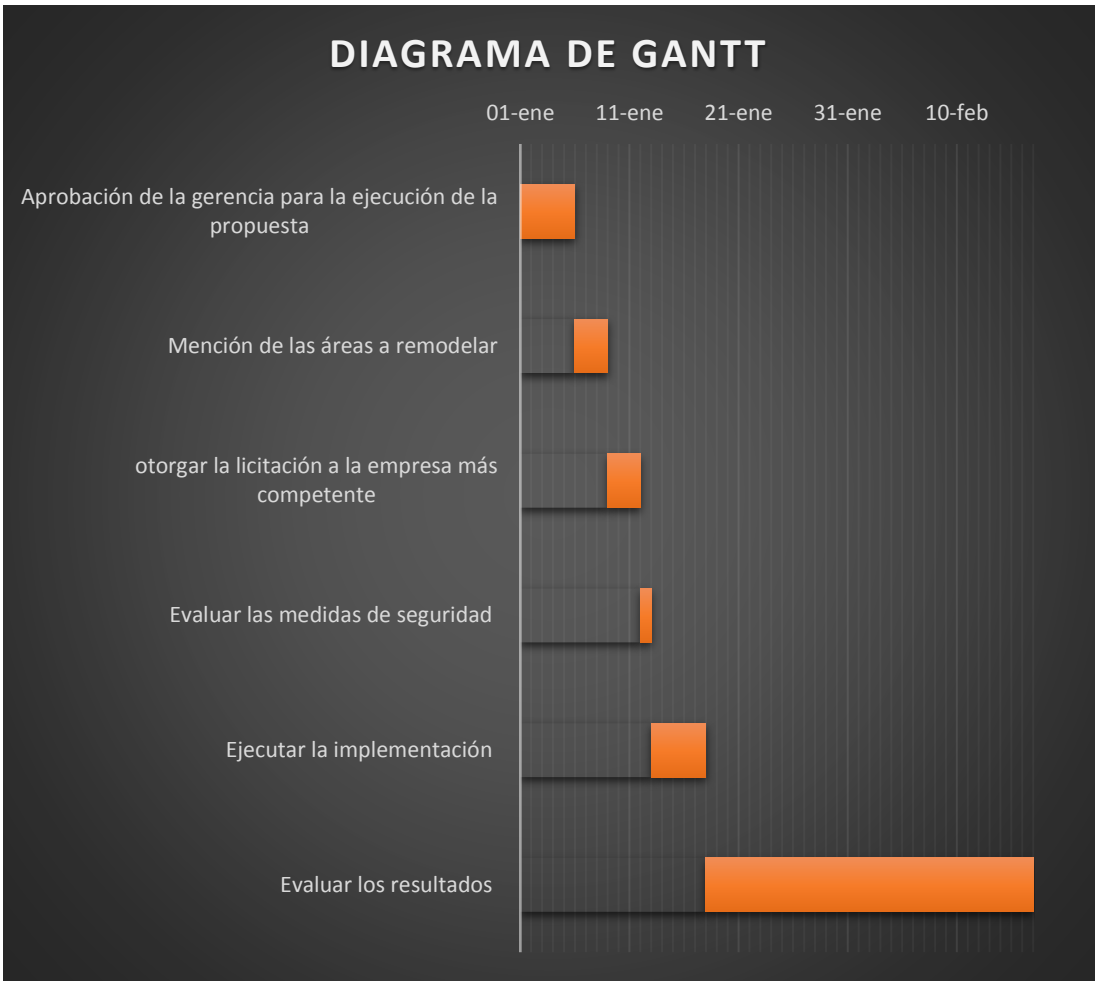
Apéndice A. Cronograma de Actividades

Cronograma de tareas y objetivos



Cronograma de tareas y objetivos a cumplir para la realización del trabajo de aplicación profesional del 05 de enero al 15 de diciembre del 2019

Cronograma de **Plan de Ejecución de Proyecto**



Apéndice B. Cronograma de Presupuestos

Viaje a Casapalca	S/600.00
Viáticos Cia Casapalca	S/300.00
Pasajes hacia Lima	S/40.00
Perfil del TAP	S/10.00
Otros	S/40.00
TOTAL	S/990.00

Apéndice C. Documentos de cotización para la ejecución del Proyecto

Presupuesto Corporación Adorio SAC

ITEM	DESCRIPCION	UNID.	METRADO	P/UNIT.	TOTAL, SIN I.G.V.
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rompa: - Instalación de cintas LED 28 ▪ Comedor: - Instalación de cintas LED 10 ▪ Subestación: - Instalación de cintas LED 10 ▪ Despachec: - Instalación de cintas LED 30 				S/2000.00 S/800.00 S/800.00 S/2400.00
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Transporte de materiales ▪ Transporte de herramientas ▪ Tiempo de trabajo 4 días hábiles. 				S/150.00 S/740.00
TOTAL					S/6090.00

Presupuesto por Corporación ATG SAC



CORPORACIÓN ATG S.A.C.

CONSTRUCCIONES Y REMODELACIONES EN GENERAL, COMPRA Y VENTA DE ARTÍCULOS DE FERRETERÍA, IMPORTACIÓN Y EXPORTACIÓN, COTIZACIONES, ELABORACIÓN DE EXPONENTES TÉCNICOS

PRESUPUESTO A TODO COSTO DE ELECTRICIDAD Nº 01

PRESENTADO AL SR. ARON TAYPE SULCA, ROMARIO CHUCHULO SOLLASI

CLIENTE : ARON TAYPE SULCA

OBRA : INSTALACIÓN DE CINTAS LED

FECHA : Lima, 16 de septiembre del 2019

Nos es grato dirigirse la presente, con la finalidad de saludarlos cordialmente y, asimismo, alcanzarles nuestra propuesta por el servicio de la referencia a realizarse en sus instalaciones.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNID.	METRADO	P/UNIT.	TOTAL, SIN LG.V.
	<ul style="list-style-type: none">• Rampa:<ul style="list-style-type: none">- Instalación de cintas LED	28			S/2000.00
	<ul style="list-style-type: none">• Comedor:<ul style="list-style-type: none">- Instalación de cintas LED	10			S/800.00
	<ul style="list-style-type: none">• Subestación:<ul style="list-style-type: none">- Instalación de cintas LED	10			S/800.00
	<ul style="list-style-type: none">• Despacho:<ul style="list-style-type: none">- Instalación de cintas LED	30			S/2400.00
	<ul style="list-style-type: none">• Transporte de materiales• Transporte de herramientas• Tiempo de trabajo 4 días hábiles.				S/.50.00 S/.40.00
TOTAL					S/.6000.00

Mz A Lote 3 Luis Felipe de las Casas - Ventanilla
Cel: 961 097 401 / 921 263 512 / 941 473 324
Suticmal: Calle San Alberto Mz 01 L1 2
JAA791, Casa Huerta - Abura Cuadra 15 Av. Angamos Este - Surquillo
Cel: 948 046 878

www.corporacionatgsec.com
corporacionatgsec@gmail.com