



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

“IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA AUTOMATICO DE CONTROL DE LUMINARIAS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA EN EL CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA EN LA EMPRESA PRODUCTORA DE BOMBAS CENTRIFUGAS EN LIMA METROPOLITANA.”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autores:

Alfredo Bravo Benavides
Edwin Pérez Paucar

Asesor:

Mg. Ing. Pedro Modesto Loja Herrera

Lima – Perú
2016

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

El (La) asesor(a) y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** el trabajo de suficiencia profesional desarrollado por el (la) Bachilleres **Alfredo Bravo Benavides y Edwin Pérez Paucar**, denominada:

“IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA AUTOMATICO DE CONTROL DE LUMINARIAS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA EN EL CONSUMO DE LA ENERGIA ELECTRICA EN LA EMPRESA PRODUCTORA DE BOMBAS CENTRIFUGAS EN LIMA METROPOLITANA”.

Mg. Ing. Pedro Modesto Loja Herrera

ASESOR

Ing. Aldo Guillermo Rivadeneyra Cuya

**JURADO
PRESIDENTE**

Ing. Luis Alfredo Zuñiga Fiestas

JURADO

Ing. Hans Clive Vidal Castañeda

JURADO

DEDICATORIA

A Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mis padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

A mi esposa quien me apoyo y alentó para continuar, cuando parecía que me iba a rendir.

A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome para poderme realizar.

A mis maestros quienes nunca desistieron al enseñarme, aun sin importar que muchas veces no ponía atención en clase, a ellos que continuaron depositando su esperanza en mí.

A nuestro asesor por apoyarnos en la elaboración y estudio de la tesis.

A todos los que nos apoyaron para escribir y concluir esta tesis.

Para ellos es esta dedicatoria de tesis, pues es ellos a quienes se les debo por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios por haberme guiado por el camino de la felicidad hasta ahora; en segundo lugar a cada uno de los que son parte de mi familia a mi PADRE, mi MADRE, a mi esposa, a mis hermanos y a todo mis familiares; por siempre haberme dado su fuerza y apoyo incondicional que me han ayudado y llevado hasta donde estoy ahora. Al jefe de Mantenimiento de la empresa donde se realizó el proyecto y por último a mi compañero de tesis porque en esta armonía grupal lo hemos logrado y a mi asesor de tesis quién nos ayudó en todo momento.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN	11
1.1 Antecedentes	11
1.2. <i>Justificación</i>	12
1.2.1. <i>Objetivos</i>	13
1.2.1.1. <i>Objetivo general</i>	13
1.2.1.2. <i>Objetivos específicos</i>	13
CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO	14
2.1. Antecedentes	14
2.2. Concepto de Eficiencia.....	15
2.3. Aspectos técnicos y reglamentarios.....	16
2.4. <i>Conceptos básicos</i>	22
2.5. Definición de términos básicos	26
2.6. Diseño de un sistema de iluminación interior	28
2.7. Conceptos básicos de Energía Eléctrica	38
CAPITULO 3. DESARROLLO	43
3.1 ORGANIZACIÓN	43
3.2 ACTIVIDADES REALIZADAS.....	47
3.2.1. Sustentación técnico de la implementación.....	47
3.2.2. Solución y diseño de un sistema de iluminación	47
3.2.3. Calculo del consumo eléctrico	52
3.2.4. Cuadro comparativo entre lámpara de luz mixta 500w y lámpara Master Pia 250 W.....	53
3.2.5. Accesorios y Materiales	54
3.2.5. Tipos de automatización y control de iluminación	54
3.2.6. Planos unifilares, esquemas, diagramas y tipos de conexiones	57
3.2.7. Plan de Acción	59
CAPITULO 4. RESULTADOS	60
4.1. Costo de Implementación de la Mejora	60
4.2. Evaluación de la reducción de energía eléctrica	61
4.3. Relación Costo/Beneficio	61

4.4. Eficiencia antes y después de la implementación	62
CAPITULO 5. DISCUSIÓN	63
CONCLUSIONES.....	64
RECOMENDACIONES	65
REFERENCIAS.....	66
ANEXOS	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla n° 1	Tabla de iluminancias para ambientes al interior	18
Tabla n° 2	Tabla de reflectancias para colores y texturas (valores en %)	19
Tabla n° 3	Temperaturas de color	25
Tabla n° 4	Magnitudes de Luz	25
Tabla n° 5	Coefficientes de Utilización	31
Tabla n° 6	Valores de Factor de Mantenimiento	33
Tabla n° 7	Valores de Eficiencia Energética de la instalación, zona de baja importancia lumínica.	36
Tabla n° 8	Valores de Eficiencia Energética de la instalación, zona de alta importancia lumínica.	37
Tabla n° 9	Opciones Tarifarias	42
Tabla n° 10	Valores técnicos de Lámpara Luz Mixta	47
Tabla n° 11	Valores técnicos de Lámpara Master Pia	47
Tabla n° 12	Cuadro comparativo entre lámpara luz mixta y lámpara master	53
Tabla n° 13	Accesorios y materiales a usar	54
Tabla n° 14	Plan de acción	59
Tabla n° 15	Costo del Proyecto	60
Tabla n° 16	Costo de mano de obra	60
Tabla n° 17	Costo total de Implementación	61
Tabla n° 18	Evaluación de la reducción de Energía Eléctrica	61
Tabla n° 19	Relación Costo/Beneficio	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura n° 1: Curva Polar	20
Figura n° 2: Ejemplo de disposición de luminarias	21
Figura n° 3: Franja de longitud de onda	23
Figura n° 4: Curva Internacional de Sensibilidad del ojo humano.	24
Figura n° 5: La luminancia.....	28
Figura n° 6: Plano montaje luminarias.....	30
Figura n° 7 contactor eléctrico	38
Figura n° 8 Zelio Logic.....	39
Figura n° 9: Triangulo de Potencias.....	40
Figura n° 10: Índice de Cavidad del local K.....	49
Figura n° 11 Sistemas de Control de Iluminación	55
Figura n° 12 Diagrama de soluciones KNX.....	56
Figura n° 13 Cableado del sistema eléctrico (fuerza).....	57
Figura n° 14 Cableado del sistema eléctrico (mando).....	57
Figura n° 15 Diagrama unifilar	58

RESUMEN

Actualmente existe un aumento constante del consumo de energía en todo nivel (personas, empresas, industrias, etc.), la modernización de los procesos industriales y el crecimiento económico son las principales causas de este fenómeno y el empleo también de nuevas tecnología y de nuevos instrumentos o elementos modernos. Ante esta realidad, se hace inherente el uso eficiente de este recurso (energía) y se convierte hoy en día en una prioridad con el fin de preservar los recursos energéticos y establecer cambios oportunos orientados al desarrollo sostenible en armonía con el medio ambiente.

Hoy en día, el sector industrial se constituye con el potencial consumidor de energía eléctrica por las múltiples actividades y operaciones que realiza para la producción; sin embargo muchas de sus instalaciones no cuentan con un control y uso adecuado de energía. Muestra de ello son los sistemas de iluminación, para nuestro caso, analizamos una empresa productora de bombas centrífugas, en esta empresa se han identificado numerosas deficiencias en torno a su uso siendo la más crítica el mantener encendidas las lámparas durante periodos no productivos, lo cual conlleva a incrementar el consumo de energía como impacto económico para la empresa y ambiental para el mundo.

En el presente proyecto de mejora se detalla el diseño un sistema de automatización para el sistema de iluminación de la nave de fundición de una empresa productora de bombas centrífugas ubicada en Lima Metropolitana, que permita optimizar el uso de energía eléctrica evitando que las lámparas (luminarias) permanezcan encendidas durante períodos no productivos. Es decir, se diseñará la automatización de alumbrado que asegure una iluminación de calidad durante el tiempo que sea necesario, además este efecto se reflejaría en la reducción de costo por pago de facturación eléctrica mensual.

La planta industrial que se tomará como modelo para realizar el diseño, es una empresa del rubro metalmecánica, especialista en la fabricación de bombas centrífugas; la empresa promueve a través de su política de medio ambiente el cuidado y protección del mismo; es por ello que el desarrollo de esta mejora es apoyada por la empresa que se preocupa constantemente por desarrollar ideas que contribuyan en su proceso de mejora continua.

ABSTRACT

There is now a steady increase in energy consumption at all levels (individuals, companies, industries, etc.), modernization of industrial processes and economic growth are the main causes of this phenomenon and employment also of new technology and new instruments or modern elements. Given this reality, it is inherent in the efficient use of this resource (energy) and today becomes a priority in order to preserve energy resources and establish appropriate changes aimed at sustainable development in harmony with the environment.

Today, the industrial sector is constituted with the potential consumer of electricity for the numerous activities and operations carried out for production; however many of its facilities do not have adequate control and energy use. This is indicated by lighting systems, in our case, we analyze a manufacturer of centrifugal pumps, this company has identified numerous shortcomings around its use being the most critical to keep lit the lamps during non-productive periods, which leads to increased energy consumption and economic impact for the company and for the world environment.

In this project improves the design detailing an automation system for the lighting system of the ship cast a manufacturer of centrifugal pumps located in Lima, that optimizes the use of power preventing lamps (luminaires) remain on during non-productive periods. That is, the lighting automation to ensure quality lighting during the time necessary be designed, this effect is also reflected in the reduction of cost by paying monthly electricity bills.

The industrial plant that will be taken as a model for the design, is a company in the metallurgical industry, specializing in the manufacture of centrifugal pumps; the company promotes through its environmental policy the care and protection thereof; It is why the development of this improvement is supported by the company that is constantly concerned with developing ideas that contribute to the process of continuous improvement.

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La modernización de los procesos industriales y el crecimiento económico ha tenido como consecuencia la utilización de más equipos, herramientas e insumos; lo cual inevitablemente lleva implícito un aumento de consumo y demanda de energética.

El consumo puede variar dependiendo del uso y del fin en que será destinada la energía. Por ejemplo, las industrias peruanas son un potencial consumidor de energía, este consumo es fundamental en sus procesos operativos, logísticos y administrativos.

Es por ello que cualquier medida de ahorro energético en iluminación tendrá un impacto importante en los costos y en el medio ambiente. Además de considerar que optimizar el consumo de energía eléctrica en este sistema, reduce directamente el consumo de energía activa, mientras que en las maquinas instaladas en las líneas de producción normalmente se buscaría compensar la energía reactiva, lo cual si se realiza en la planta industrial.

Cabe mencionar que ya se cuenta con equipos de banco de condensadores para la energía reactiva, el impacto de las mejoras que pueden implementarse en otros sectores es limitado.

En función al porcentaje que representa el consumo de energía en iluminación, el presente proyecto de mejora desarrolla una propuesta para optimizar y controlar el uso eficiente de la energía eléctrica, mediante un sistema automático de control de iluminación en base a un PLC.

El problema de una deficiencia en el sistema de iluminación en el área de fundición de la empresa productora de bombas centrífugas en Lima Metropolitana, es uno de los factores para implementar un sistema automático de control de luminarias para mejorar la eficiencia en el consumo de la energía eléctrica, estos factores o causas muchas veces pasan desapercibidas por lo que la problemática no se resuelve o peor aún se agrava, por ello se plantea las siguientes interrogantes:

¿Cuánto sería el costo de la implementación de un sistema automático de control de luminarias para la reducción de consumo eléctrico en el área de fundición de la empresa productora de bombas centrífugas en Lima Metropolitana?

¿De qué manera se mejorarán los resultados al cuantificar la reducción de energía eléctrica en Kw al implementar el sistema automático de control de luminarias para mejorar la reducción de consumo eléctrico en el área de fundición en la empresa productora de bombas centrífugas en Lima Metropolitana.

¿Cuál sería el ahorro en términos monetarios (costos) para la empresa productora de bombas centrífugas en Lima Metropolitana con la implementación del sistema automático de control de luminarias?

1.2. Justificación

El presente estudio de investigación se justifica porque utiliza la teoría de instrumentos industriales de medición y control, relacionados a respecto al tema de estudio para dar solución al consumo de energía eléctrica. Para lo cual se empleará controladores lógicos programables (PLC) en el sistema automático de control, como base de la mejora.

La automatización de plantas industriales es un aspecto muy importante en el crecimiento de las empresas, ya que permiten el mantenimiento y la regulación de constantes con elementos computarizados y electromecánicos, optimizando el uso de recursos energético, como también procesos de fabricación, reducción de costes, entre otros.

Por otro lado para su desarrollo se seguirá un procedimiento de rigor científico basado en el esquema propuesto por investigadores e ingenieros de la rama electrónica, robótica y otras carreras afines, en los cuales considerando tipos y diseños de investigación acorde con el tema planteado, pues la manera como se aborda esta investigación servirá como referencia a empresarios, profesionales e investigadores que buscan determinar para relación en una sistema automático de control de iluminarias y la eficiencia en el consumo de energía eléctrica por la implementación de la automatización, el cual se fomenta una cultura de mejora continua en todos los procesos y por consecuencia reducción de costos e incremento de la calidad.

El proyecto del sistema automático de control servirá como base, para la implementación gradual de control para otras áreas de la planta y así centralizar el control de iluminación con un solo dispositivo. La automatización también genera que se aplique

a la posterioridad nuevas tecnologías para reducir el consumo a otras causas relacionadas provenientes de máquinas y equipos.

¿Por qué se realizó la implementación de un sistema automático de control de luminarias para la eficiencia en el consumo de la energía eléctrica en el área de fundición de la empresa productora de bombas centrífugas en Lima Metropolitana?

El área de fundición es el proceso más importante de la planta el cual representa el 40 % del total de la empresa, en lo que se refiere a producción y consumo de materiales o materia prima; de él se desprende más subprocesos, cuenta con mayor numero personal laborando, mayor número de horas trabajadas y sobretiempos; y en donde se genera los controles finales de las piezas fundida.

1.2.1. Objetivos

1.2.1.1. Objetivo general

Implementación de un sistema automático de control de luminarias para mejorar la eficiencia en el consumo de la energía eléctrica en la empresa productora de bombas centrífugas en Lima Metropolitana.

1.2.1.2. Objetivos específicos

- Determinar el costo del sistema automático de control de luminarias para mejorar la reducción de consumo eléctrico en el área de fundición en la empresa productora de bombas centrífugas en Lima Metropolitana.
- Cuantificar la reducción de energía eléctrica en Kw al implementar el sistema automático de control de luminarias para mejorar la reducción de consumo eléctrico en el área de fundición en la empresa productora de bombas centrífugas en Lima Metropolitana.
- Cuantificar el nivel de ahorro en términos monetarios (costos) por mes o año para la empresa productora de bombas centrífugas en Lima Metropolitana con la implementación del sistema automático de control de luminarias.

CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

En la tesis de Castro Mauricio, Enríquez Diego, Pacheco Aldrin, con el título “Automatización de una casa inteligente con PLC” con motivo de optar por el título de Ingenieros de robótica industrial de la Escuela Superior de ingeniería mecánica y eléctrica del Instituto Politécnico Nacional de México D.F. en febrero del año 2011; en la se plantea la implementación de un controlador lógico programable (PLC) para la automatización de las instalaciones hidráulicas y eléctricas de una casa.

Para lo cual realizaron un diagnóstico y prototipo de casa en la cual para el control de iluminación proyectan reducir hasta en un 50% del consumo de energía en base al PLC.

En el artículo de la revista Electro Industria, el especialista Pedro Barata, Marketing Specialist de la División Low Voltage Products de ABB en Chile, detalla en el presente artículo ¿Por qué automatizar un edificio?, El elevado consumo energético derivado del mantenimiento de edificios supone un enorme gasto en nuestra sociedad. Superior incluso al gasto en transporte o al conjunto de necesidades energéticas de la industria. Una reducción significativa del mismo supondría un gran ahorro en el conjunto de consumo energético mundial. El uso eficiente y sostenible de la energía es, por tanto una necesidad urgente. Se puede reducir hasta en un 60% de la energía que se utiliza en el alumbrado eléctrico, a través de un control constante de la iluminación. La finalidad de los sistemas de automatización es proporcionar al usuario una herramienta de gestión que facilite la supervisión y manejo de las instalaciones a lo largo de todo el ciclo de vida, manteniendo una optimización de los consumo energéticos y un compromiso con el confort.

En la tesis de Cabascango Quilumba Alexandra, con el título “Optimización del sistema de iluminación de la planta industrial NOVOPAN DEL ECUADOR S.A” para optar por el título de Ingeniera Electrónica de la Escuela Politécnico del Ejercito, Provincia de Sangolqui- Ecuador, en enero del 2005. La cual tuvo como objetivo el rediseño del sistema de iluminación interna y externa en forma automatizada con controladores lógicos programables (PLC) para la reducción del consumo de energía eléctrica generando un ahorro en los egresos de la empresa. De acuerdo al estudio económico realizado la inversión inicial será recuperada en un periodo de 5 años y posteriormente se obtendrán “ganancias” de alrededor 11 mil dólares anuales.

2.2. Concepto de Eficiencia

En términos generales, la palabra eficiencia hace referencia a los recursos empleados y los resultados obtenidos. Por ello, es una capacidad o cualidad muy apreciada por empresas u organizaciones debido a que en la práctica todo lo que éstas hacen tiene como propósito alcanzar metas u objetivos, con recursos (humanos, financieros, tecnológicos, físicos, de conocimientos, etc.) limitados y (en muchos casos) en situaciones complejas y muy competitivas.

"Eficiencia es la óptima utilización de los recursos disponibles para la obtención de resultados deseados".

Tipos de eficiencia:

- La **eficiencia en administración** se refiere a la utilización correcta y con la menor cantidad de recursos para conseguir un objetivo o cuando se alcanza más objetivos con los mismos o menos recursos.
- La **eficiencia en economía** se puede observar de 2 maneras, la primera es la utilización de los recursos que conforman una sociedad para satisfacer las necesidades y deseos de los individuos que la conforman o, es la utilización de la cantidad mínima de recursos que se necesitan para la producción con el fin de obtener ganancias u objetivos planteados.
- La **eficiencia física** se refiere a la energía que se invierte en comparación a la energía obtenida en un proceso o dispositivo. Además, como eficiencia física se observa a la habilidad que dispone el ser humano para realizar sus actividades diarias y, con suficiente energía en reserva para ser usada en los momentos de ocio, en este caso la eficiencia física implica la buena condición física que posee un ser humano que puede atraer una agilidad mental y estabilidad emocional.
- La **eficiencia energética**, es una manera de adoptar una conducta responsable, disminuir gastos y promover la sostenibilidad ambiental.

Fórmulas de Eficiencia:

Eficiencia de Trabajo:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Trabajo}}{\text{Trabajo} + \text{Desperdicio}} \times 100\%$$

Eficiencia de Producción:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Produccion Real}}{\text{Produccion Esperada}} \times 100\%$$

Eficiencia de Potencia Eléctrica:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Potencia Util}}{\text{Potencia Consumida (teórica)}} \times 100\%$$

2.3. Aspectos técnicos y reglamentarios

Se consideran como instalaciones de iluminación los circuitos eléctricos de alimentación, las fuentes luminosas, las luminarias y los dispositivos de control, soporte y fijación que se utilicen exclusivamente para la iluminación interior y exterior de bienes de uso público y privado.

La luz es un componente esencial en cualquier medio ambiente, hace posible la visión del entorno y además, al interactuar con los objetos y el sistema visual de los usuarios, puede modificar la apariencia del espacio, influir sobre su estética y ambientación y afectar el rendimiento visual, el estado de ánimo y la motivación de las personas. El diseño de iluminación debe comprender la naturaleza física, fisiológica y psicológica de esas interacciones y además, conocer y manejar los métodos y la tecnología para producirlas, pero fundamentalmente demanda, competencia, creatividad e intuición para utilizarlas. El diseño de iluminación debe definirse como la búsqueda de soluciones que permitan optimizar la relación visual entre el usuario y su medio ambiente. Esto implica tener en cuenta diversas disciplinas y áreas del conocimiento.

En los proyectos de iluminación se deben aprovechar los desarrollos tecnológicos de las fuentes luminosas, las luminarias, los dispositivos ópticos y los sistemas de control, de tal forma que se tenga el mejor resultado lumínico con los menores requerimientos de energía posibles. Un sistema de iluminación eficiente es aquel que, además de satisfacer necesidades visuales y crear ambientes saludables, seguros y confortables, posibilita a los usuarios disfrutar de atmósferas agradables, empleando apropiadamente los recursos tecnológicos y evaluando todos los costos razonables que se incurren en la instalación, operación y mantenimiento del proyecto de iluminación.

El objetivo de toda instalación de iluminación es garantizar que se presenten los niveles de iluminancia promedio, ya sean iluminancias generales o locales, y en algunos casos ambas. Para lograr esto se deben tener en cuenta múltiples factores que afectan la distribución luminosa dentro de una edificación además de los niveles de deslumbramiento (UGR) máximos permitidos. La adecuada selección y manejo de estos parámetros asegurarán que

la instalación de iluminación diseñada cumpla con los requisitos energéticos. Los parámetros a tener en cuenta en todo diseño son los siguientes:

Dimensiones: Se deben tener en cuenta las dimensiones del local, principalmente el largo, el ancho y el alto. También es de suma importancia saber si la geometría descrita por las paredes y techo no es rectangular; es decir, tanto la pared como el techo pueden presentar formas tales como arcos, cúpulas o domos y techos de forma triangular. Este parámetro es de suma importancia para poder seleccionar el tipo de luminaria a utilizar y su disposición.

Tipo de recinto y actividad: Se debe conocer el tipo de edificación y qué clase de actividad se desea realizar allí, pues dependiendo de esto, se establecerá el nivel de iluminancia promedio con que debe contar la edificación. En la siguiente Tabla se establecen los niveles de iluminancia.

Tabla n° 1 Tabla de iluminancias para ambientes al interior

AMBIENTES	ILUMINANCIA EN SERVICIO (lux)	CALIDAD
Industrias eléctricas		
Fabricación de cables	300	B-C
Bobinados	500	A-B
Ensamblaje de partes pequeñas	1000	A-B
Pruebas y ajustes	1000	A-B
Ensamble de elementos electrónicos	1500	A-B
Industrias alimentarias		
Procesos automáticos	200	D-E
Áreas de trabajo general	300	C-D
Inspección	500	A-B
Trabajos en vidrio y cerámica		
Salas de almacén	150	D-E
Áreas de mezclado y moldeo	300	C-D
Áreas de acabados manuales	300	B-C
Áreas de acabados mecánicos	500	B-C
Revisión gruesa	750	A-B
Revisión fina - Retoques	1000	A-B
Trabajos en hierro y acero		
Plantas automáticas	50	D-E
Plantas semi - automáticas	200	D-E
Zonas de trabajo manual	300	D-E
Inspección y control	500	A-B

Fuente: Tabla de iluminancias para ambientes al interior, Instalaciones Eléctricas Interiores, Norma EM. 010, 3.4 Instalaciones Eléctricas y Mecánicas, Título III, Reglamento Nacional de Edificaciones, El Peruano, domingo 11 de junio de 2006.

Reflectancias efectivas de las superficies: La reflectancia de una superficie se define como la razón entre el flujo luminoso reflejado por la superficie y el flujo que incide sobre ella, en otras palabras, determina el porcentaje de la luz que incide sobre una superficie que es reflejada. Para determinar la reflectancia de una superficie se debe conocer su color, el tono, el material y textura. Una vez conocidos se consulta la Tabla 2 para determinar las reflectancias de cada superficie que componen la edificación. Se pueden encontrar múltiples tablas como esta.

Tabla n° 2 Tabla de reflectancias para colores y texturas (valores en %)

TONO	COLOR		SUPERFICIES		ACABADOS DE CONSTRUCCIÓN	
Muy claro	Blanco nuevo	88	Maple	43	Cantera clara	18
	Blanco viejo	76	Nogal	16	Cemento	27
	Azul crema	76	Caoba	12	Concreto	40
	Crema	81	Pino	48	Marmol blanco	45
	Azul	65	Madera Clara	30-50	Vegetación	25
	Miel	76	Madera oscura	10_25	Asfalto limpio	7
	Gris	83			Adoquín de roca	17
	Azul verde	72			Grava	13
					Ladrillo claro	30-50
				Ladrillo oscuro	15-25	
Claro	Crema	79	ACABADOS METALICOS			
	Azul	55				
	Miel	70				
	Gris	73				
Mediano	Azul verde	54	Blanco polarizado	80		
	Amarillo	65	Aluminio pulido	75		
	Miel	63	Aluminio mate	75		
	Gris	61	Aluminio claro	63		
Oscuro	Azul	8				
	Amarillo	50				
	Café	10				
	Gris	25				
	Verde	7				
	Negro	3				

Fuente: Reflectancias efectivas para ciertos colores y texturas (valores en %), Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP, 01 de abril de 2010.

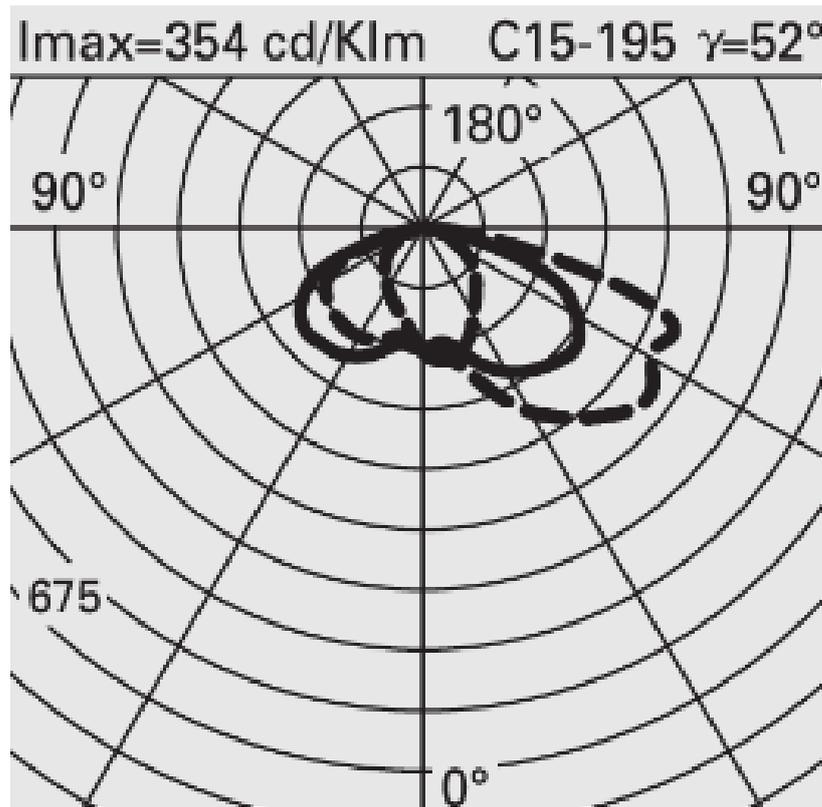
Plano de trabajo: El plano útil o de trabajo indica la altura respecto al suelo a la cual se realizarán las actividades dentro del local, esta altura puede ser general o local y en caso de no conocerse, se establece que se puede considerar esta altura de 0,75 m para trabajo realizado sentado y 0,85 m para el trabajo realizado de pie.

Lámparas y luminarias: Es de suma importancia seleccionar el conjunto lámpara-luminaria pues de éste depende que se produzca la iluminancia promedio que se requiera.

Al momento de seleccionarlos se deben tener en cuenta características como el flujo

luminoso emitido por la bombilla o lámpara, la potencia activa requerida para el funcionamiento de la bombilla, el tipo de montaje de la luminaria (adosado, suspendido, etc.) y el diagrama polar de la distribución luminosa entregado por el fabricante (Figura 1), el cual es muy importante tener en cuenta al momento de seleccionar la disposición de las luminarias.

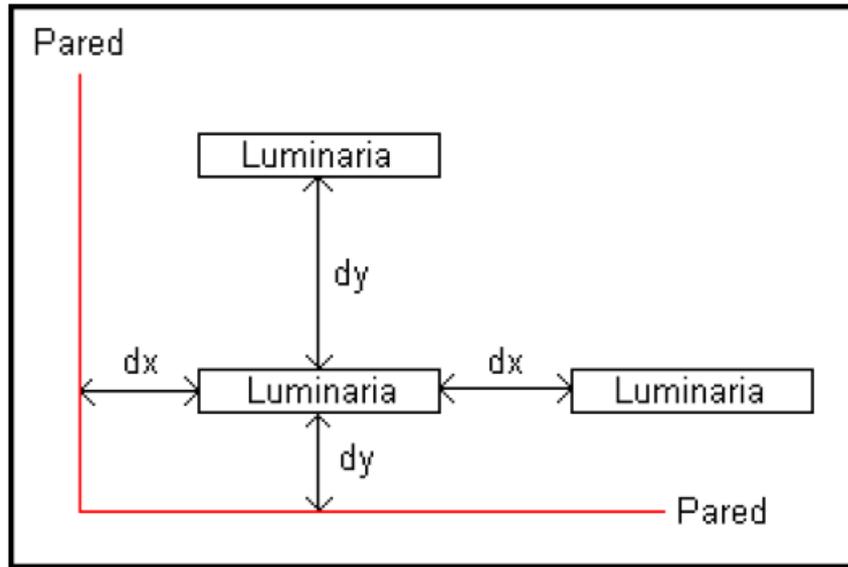
Figura n° 1: Curva Polar



Fuente: <http://grlum.dpe.upc.edu/manual/sistemasIluminacion-fotometria.php>

Disposición de luminarias: En todo proyecto de iluminación se debe especificar el lugar y la forma en que las luminarias deberán ser instaladas, además de especificar las distancias entre luminarias y la distancia entre la luminaria y las paredes.

Figura n° 2: Ejemplo de disposición de luminarias



Fuente: Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público-RETILAP, 01 de abril 2010.

Mantenimiento: Es importante conocer el tipo de ambiente y las condiciones de suciedad a las cuales será sometida la edificación y por ende la instalación de iluminación, este factor afecta principalmente a la lámpara o a la bombilla de manera que por efecto de la suciedad acumulada tanto en la lámpara como en las superficies del local se reduce la cantidad de luz emitida por la lámpara y la reflejada por dichas superficies.

Altura de montaje: Indica la altura a la cual las luminarias o porta bombillas serán instaladas, pues dependiendo del tipo de luminaria que se escoja para el diseño, estas podrían instalarse adosándolas al techo o suspendidas de él o de una pared según sea el caso.

Otro de los aspectos importantes a tener en cuenta, consiste en considerar la iluminancia que proveerá la incidencia de la luz solar sobre la edificación con el fin de promover el ahorro de la energía eléctrica y la eficiencia de los sistemas de iluminación; sin embargo, existe cierta incertidumbre en la aplicación de esta práctica por las siguientes razones:

- Si bien se puede tener la seguridad de contar con luz solar todos los días, no se puede saber con certeza en que intensidad y durante cuánto tiempo, por lo tanto es realmente difícil establecer un valor de iluminancia aportada por la luz solar; por ello es práctica común tenerla en cuenta de manera implícita en los cálculos al momento de no ser tan exigentes en utilizar un número determinado de lámparas para alcanzar la iluminancia promedio deseada. Además al no poder ser

controlada su intensidad, la luz solar provocará deslumbramiento, altos o bajos contrastes en el interior de la edificación además de la sensación de calor e incomodidad.

- Aunque en el diseño de cierta instalación de iluminación se demuestre que la iluminancia provista por la luz natural fuese tal que se pudiera prescindir de cuatro lámparas, no sería posible hacerlo pues la instalación de iluminación también será utilizada durante la noche y no se podrá asegurar la iluminancia promedio requerida durante este periodo. Por esas razones en ninguno de los ejemplos aquí ilustrados se tendrán en cuenta la iluminancia provista por la luz natural de manera explícita en los cálculos, es decir, no se hará ningún cálculo referente a la luz natural.

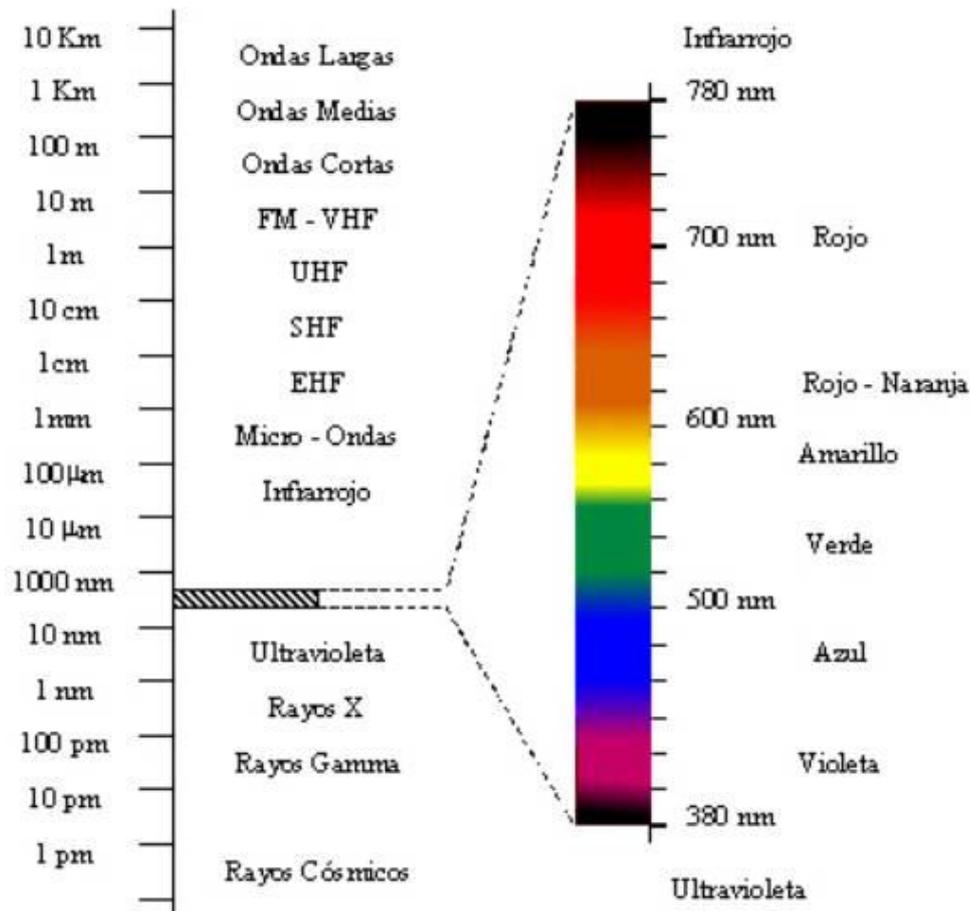
A continuación se exponen los ítems esenciales y las consideraciones técnicas que deben ser considerados al momento de empezar el diseño de un sistema de iluminación interior y los requisitos que debe cumplir.

- a) Conocer con detalles las actividades asociadas con cada espacio.
- b) Las exigencias visuales de cada puesto de trabajo y su localización.
- c) Las condiciones de reflexión de las superficies
- d) Las necesidades para el espacio, modelado y rendimiento del color.
- e) La disponibilidad de la iluminación natural
- f) La apariencia del color de la fuente de luz y su unión con la iluminación natural.
- g) El control de luz directa e indirecta que ingresa por las ventanas.
- h) Localización de las luminarias y su acceso a ellas.

2.4. Conceptos básicos

Luminotecnia es la ciencia que estudia las distintas formas de producción de luz, así como su control y aplicación. Iniciemos su estudio examinando las variaciones electromagnéticas simples, que pueden clasificarse bien por su forma de generarse, por sus manifestaciones o efectos, o simplemente por su longitud de onda.

Figura n° 3: Franja de longitud de onda



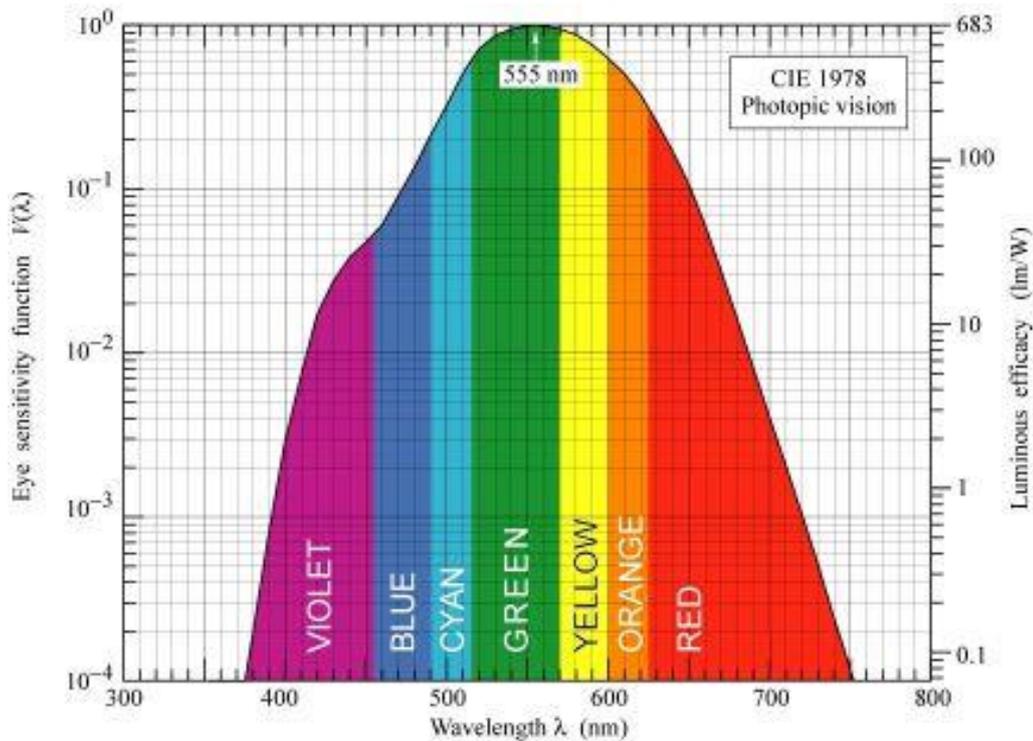
Fuente: <http://astrojem.com/teorias/espectroelectromagnetico.html>

Las radiaciones visibles se caracterizan por ser capaces de estimular el sentido de por las radiaciones infrarrojas, que naturalmente no son perceptibles por el ojo humano. Una de las características más importantes de las radiaciones visibles, es el color. Estas radiaciones, además de suministrar una impresión luminosa, proporcionan una sensación del color de los objetos que nos rodean. Dentro del espectro visible, pueden clasificarse una serie de franjas, cada una de las cuales se caracteriza por producir una impresión distinta, característica peculiar de cada color.

Puesto que el receptor de estas sensaciones de color es el ojo humano, resultaba interesante conocer su sensibilidad para cada una de estas radiaciones. Para ello se dispuso de fuentes de luz capaces de generar cantidades iguales de energía de todas las longitudes de onda visibles, y se realizó el ensayo comparativo de la sensación luminosa producida a un gran número de personas.

El ensayo dio como resultado que no todas las longitudes de onda producían la misma impresión luminosa y que la radiación que más impresión causaba era la correspondiente a una longitud de onda de 550 m_., propia del color amarillo-verde. Esta impresión iba decreciendo a derecha e izquierda del valor máximo característico, siendo para los colores rojo y violeta los que daban una menor impresión.

Figura n° 4: Curva Internacional de Sensibilidad del ojo humano.



Fuente: <http://blog.pucp.edu.pe/blog/physical/2010/11/>

Otro dato digno de tener presente en luminotecnia es el conocido con el nombre de "Temperatura del Color". Considerado el cuerpo negro como radiante teóricamente perfecto, este va cambiando de color a medida que vamos aumentando su temperatura, adquiriendo al principio el tono de un rojo sin brillo, para luego alcanzar el rojo claro, el naranja, el amarillo, el blanco, el blanco azulado, y finalmente el azul.

De esta idea nace la "Temperatura del Color", y se utiliza para indicar el color de una fuente de luz por comparación de esta con el color del cuerpo negro a una determinada temperatura. Así, por ejemplo, el color de la llama de una vela es similar al de un cuerpo negro calentado a 1.800 °K, por lo que se dice que la temperatura de color de la llama de una vela es de 1.800 °K. La temperatura de color solamente puede ser aplicada a aquellas fuentes de luz que tengan una semejanza con el color del cuerpo negro, como por ejemplo la luz del día, la luz de las lámparas incandescentes, la luz de las lámparas

fluorescentes, etc.. El color de las lámparas de vapor de sodio, no coincide con el color del cuerpo negro a ninguna temperatura, por lo que ni pueden ser comparadas con él, ni se les puede asignar ninguna temperatura de color.

Seguidamente damos algunas temperaturas de color, con el fin de que nos familiaricemos con ellas:

Tabla n° 3 Temperaturas de color

Cielo azul	20 000 °K	Cielo nublado	7 000 °K
Luz solar directa	5 000 °K	Luz de velas	1 800 °K
Lámparas fluorescentes:		Lámparas incandescentes:	
Blanco cálido	3 000 °K	Normales	2 600 °K
Luz día	6500 °K	Halógenas	3 100 °K

Fuente: Temperaturas de color, Capítulo VI, Luminotecnia e Instalaciones Eléctricas, Electrotecnia Industrial (Ing. Industrial, Sistemas, Mecánica), pag. 135.

Existe una cierta relación entre la temperatura de color y el nivel de iluminación, de tal forma que a mayor temperatura de color, la iluminación ha de ser también mayor para conseguir una sensación agradable. Partiendo de la base de que para poder hablar de iluminación es preciso contar con la existencia de una fuente productora de luz y de un objeto a iluminar, las magnitudes que deben conocerse y definirse son las siguientes:

Tabla n° 4 Magnitudes de Luz

MAGNITUD	UNIDAD	SIMBOLO
Flujo luminoso	Lumen	lm
Nivel de iluminación Iluminancia	Lumen / m ² = Lux	E
Intensidad luminosa	Candela	I
Luminancia	Candela / m ²	L

Fuente: Magnitudes de Luz, Capítulo VI, Luminotecnia e Instalaciones Eléctricas, Electrotecnia Industrial (Ing. Industrial, Sistemas, Mecánica), pag. 136.

El flujo luminoso y la intensidad luminosa son magnitudes características de las fuentes de luz, indicando la primera la cantidad de luz emitida por dicha fuente en 1 segundo en todas direcciones, mientras que la segunda indica la cantidad de luz emitida en 1 segundo y en una determinada dirección.

2.5. Definición de términos básicos

Seguidamente pasemos a definir más detalladamente cada una de estas magnitudes.

2.5.1. Flujo luminoso

Es la magnitud que mide la potencia o caudal de energía de la radiación luminosa y se puede definir de la siguiente manera:

Flujo luminoso es la cantidad total de luz radiada o emitida por una fuente durante un segundo.

Ecuación N° 1: Flujo luminoso

$$\phi = \frac{Q}{t}$$

Dónde:

ϕ = Flujo luminoso en Lúmenes.

Q = Cantidad de luz emitida en Lúmenes x seg.

t = Tiempo en segundos.

El Lumen como unidad de potencia corresponde a 1/680 W emitidos a la longitud de onda de 550 nm.

Ejemplos de flujos luminosos:

- | | |
|--|------------|
| • Lámpara de incandescencia de 60 W. | 730 Lm |
| • Lámpara fluorescente de 65 W. (blanca) | 5 100 Lm |
| • Lámpara halógena de 1000 W. | 22 000 Lm |
| • Lámpara de vapor de mercurio 125 W. | 5 600 Lm |
| • Lámpara de sodio de 1000 W. | 120 000 Lm |

2.5.2. Nivel de iluminación

En nivel de iluminación o iluminancia se define como el flujo luminoso incidente por unidad de superficie.

Ecuación N° 2: Nivel de iluminación

$$E = \frac{\Phi}{S}$$

$$\text{Lux} = \frac{\text{Lumen}}{\text{m}^2}$$

A su vez, el Lux se puede definir como la iluminación de una superficie de 1 m² cuando sobre ella incide, uniformemente repartido, un flujo luminoso de 1 Lumen.

Ejemplos de niveles de iluminación:

- Mediodía de verano 100 000 Lux
- Mediodía de invierno 20 000 Lux
- Oficina bien iluminada 400 a 800 Lux
- Calle bien iluminada 20 Lux
- Luna llena con cielo claro 0,25 a 0,50 Lux

2.5.3. Intensidad luminosa

La intensidad luminosa de una fuente de luz en una dirección dada, es la relación que existe entre el flujo luminoso contenido en un ángulo sólido cualquiera, cuyo eje coincida con la dirección considerada, y el valor de dicho ángulo sólido expresado en estereorradianes.

Ecuación N° 3: Intensidad luminosa

$$I = \frac{\Phi}{\omega}$$

I = Intensidad luminosa en candelas.

Φ = Flujo luminoso en lúmenes.

ω = Ángulo sólido en estereorradianes.

La candela se define también como 1/60 de la intensidad luminosa por cm² del "cuerpo negro" a la temperatura de solidificación del platino (2.042 °K).

Ejemplos de intensidad luminosa

Lámpara para faro de bicicleta sin reflector	1 cd
Lámpara PAR-64 muy concentrada	200 000 cd
Faro marítimo (centro del haz)	2 000 000 cd

2.5.4. Luminancia

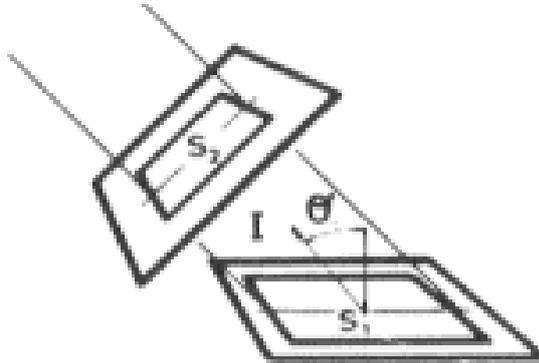
Luminancia es la intensidad luminosa por unidad de superficie perpendicular a la dirección de la luz.

Ecuación N° 4: Iluminancia

$$L = \frac{I}{S}$$

La luminancia L suele expresarse indistintamente en candelas/cm² o en candelas/m².

Figura n° 5: La luminancia



Fuente: Capítulo VI, Luminotecnia e Instalaciones Eléctricas, Electrotecnia Industrial (Ing. Industrial, Sistemas, Mecánica), pag. 140.

Cuando la superficie considerada S1 no es perpendicular a la dirección de la luz, habrá que considerar la superficie real S2, que resulta de proyectar S1 sobre dicha perpendicular.

Ejemplos de luminancia:

- Filamento de lámpara incandescente 10 000 000 cd/m²
- Arco voltaico 160 000 000 cd/m²
- Luna llena 2 500 cd/m²

2.6. Diseño de un sistema de iluminación interior

Para un local dado se consideran tres cavidades, las cuales tienen como límites intermedios planos imaginarios situados uno a la altura del plano de trabajo y otro a la altura de montaje de las luminarias. Las cavidades así delimitadas reciben las denominaciones de cavidad de techo, cavidad del local y cavidad del piso. Con la aplicación de este método se deben cumplir dos objetivos fundamentales para que un diseño sea considerado eficiente. Estos objetivos son:

Iluminancia promedio [lx]: Es el objetivo principal de diseño, el cual consiste, como lo indica su nombre, el nivel de iluminancia promedio que se debe garantizar en toda el área a iluminar.

Valor de Eficiencia Energética de la Instalación [VEEI]: Este valor indicará la eficiencia energética de la instalación de iluminación que se acaba de diseñar; es decir, cuantos luxes se produjeron con la potencia eléctrica de las lámparas, y lo que se busca es la mayor producción de luz (luxes) con la menor cantidad de energía eléctrica (Vatios).

La metodología para realizar el diseño de una instalación de iluminación consiste en los siguientes pasos:

1. Análisis del proyecto. Este paso consiste en identificar claramente qué tipo de iluminación se requiere (local o general), el tipo de recinto y la actividad que se realizará allí.

2. Definir parámetros de local. Estos parámetros hacen referencia a las dimensiones geométricas de local, su forma específica (local redondo, cuadrado etc.), colores, texturas y reflectancias efectivas.

3. Seleccionar iluminancia media. De acuerdo al análisis del proyecto se deberá escoger la iluminancia media (objetivo de diseño) más adecuada según la Tabla 1.

4. Selección conjunto lámpara – luminaria. En este paso se debe seleccionar el tipo de lámpara y luminaria que se usará, teniendo en cuenta el tipo de proyecto a realizar e iluminación requerida. Al seleccionar este conjunto se deben también especificar sus características fotométricas principales:

Flujo luminoso [lm]

Potencia eléctrica [W]

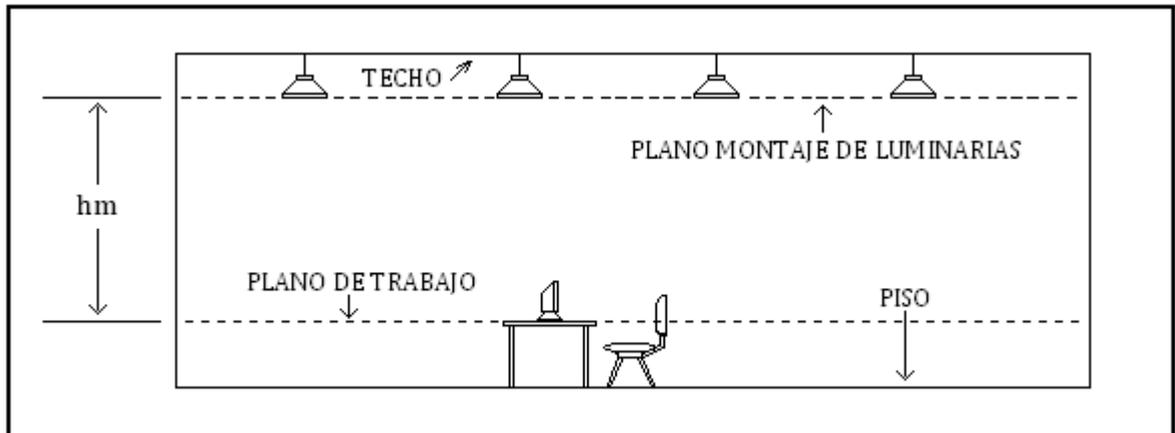
Eficacia [lm/W]

Diagrama polar de distribución luminosa

Tabla de coeficientes de utilización.

5. Calcular cavidad del local (K). Este factor es muy importante, pues permite determinar más adelante el coeficiente de utilización (CU) para cada tipo de luminaria seleccionada de acuerdo a las hojas de datos entregadas por los fabricantes

Figura n° 6: Plano montaje luminarias



$$hm = h - (PT + PML) \text{ [m]} \quad (1)$$

Donde:

hm: Altura de la cavidad del local [m]

h: Altura del local [m]

PT: Plano de trabajo [m]

PML: Plano de montaje de luminarias [m]

Ecuación N° 6: Cavidad del local

$$K = \frac{5 * hm * (l + a)}{(l + a)} = RCL \quad (2)$$

Donde **hm** es la distancia que hay entre el plano o la altura de trabajo y la altura de montaje de la luminaria, **l** y **a** corresponden a la longitud y al ancho del local respectivamente. **K** o **RCL** hacen referencia al índice de la cavidad del local.

6. Determinar coeficiente de utilización (CU). El coeficiente de utilización es la relación entre el flujo luminoso que cae en el plano de trabajo y el flujo luminoso suministrado por la luminaria. Este coeficiente representa la cantidad de flujo luminoso efectivamente aprovechado en el plano de trabajo después de interactuar con las luminarias y las superficies dentro de un local. El CU se determina por una interpolación de datos de la tabla entregada por el fabricante, los datos a tener en cuenta para la interpolación son las reflectancias efectivas de las superficies y el índice K. Estas tablas normalmente se

construyen sin tener en cuenta la reflectancia del piso porque es la menos influyente en la iluminancia promedio, así que la mayoría de éstas se construyen para un valor fijo de reflectancia de piso. Para una mejor comprensión se asumirán los siguientes datos para calcular el CU a manera de ejemplo:

Reflectancia del techo = 0,60

Reflectancia de paredes = 0,75

Tabla n° 5 Coeficientes de Utilización

K	p Techo	0.8		0.5		0.2	
	p Pared	0.8	0.4	0.8	0.4	0.8	0.4
1		0.94	0.85	0.52	0.65	0.42	0.39
2		0.91	0.87	0.65	0.75	0.53	0.38
3		0.89	0.71	0.50	0.62	0.42	0.37
4		0.81	0.72	0.53	0.60	0.41	0.25

Fuente: Coeficientes de utilización, Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP, 01 de abril de 2010.

La manera de interpolar estos datos en la Tabla 5 es ubicándolos según correspondan en las casillas de reflectancias de techo y paredes y del índice K asumiendo que éste tiene un valor de 3. Los valores de reflectancia y de índice K que se encuentran en las tablas de CU son valores enteros así que se deben elegir los más cercanos. De esta manera se hacen las siguientes aproximaciones:

P Techo: 0,60 >> 0,5

P Paredes: 0,75 >> 0,8

El valor de K es fijo y solo hay que ubicarlo en la tabla. De esta manera como se aprecia en Tabla 3 el CU para este ejemplo es de 0,50.

7. Calcular Factor de mantenimiento (FM). Es la relación de la iluminancia promedio en el plano de trabajo después de un periodo determinado de uso de una instalación, y la iluminancia promedio obtenida al empezar a funcionar la misma como nueva. Todo diseño de un sistema de iluminación debe considerar el factor de mantenimiento con el fin de asegurar los niveles de iluminancia promedio. El FM está dado por la siguiente expresión:

Ecuación 7: Factor de mantenimiento (FM).

$$FM = FE * DLB * Fb \quad (3)$$

Dónde:

FM: Factor de mantenimiento

FE: Depreciación de la luminaria por suciedad

DLB: Depreciación por disminución del flujo luminoso de la bombilla

Fb: Factor de balasto.

Para facilitar el proceso se puede también escoger el FM de una de las tablas otorgadas por la CIE (En español “Comisión Internacional de Iluminación”), en las cuales basta con especificar la frecuencia con la que se le realizará mantenimiento a la instalación de iluminación, el tipo de luminaria y finalmente las condiciones medioambientales a las que será sometido el sistema de iluminación.

Tabla n° 6 Valores de Factor de Mantenimiento

Frecuencia de limpieza (años)	1				2			
	P	C	N	D	P	C	N	D
Condiciones ambientales								
Luminarias abiertas	0.96	0.93	0.89	0.83	0.93	0.89	0.84	0.78
Reflector parte superior abierta	0.96	0.90	0.86	0.83	0.89	0.84	0.80	0.75
Reflector parte superior cerrada	0.94	0.89	0.81	0.72	0.88	0.80	0.69	0.59
Reflectores cerrados	0.94	0.88	0.82	0.77	0.89	0.83	0.77	0.71
Luminarias a prueba de polvo	0.98	0.94	0.90	0.86	0.95	0.91	0.86	0.81
Luminarias con emisión indirecta	0.91	0.86	0.81	0.74	0.86	0.77	0.66	0.57

Fuente: Valores de FM sugeridos por la CIE, Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP, 01 de abril de 2010.

En donde:

P: Pure – Puro o muy limpio

C: Clean – Limpio

N: Normal

D: Dirty – Sucio

8. Flujo luminoso total requerido (ϕ_{tot}). Este valor indica cual es el flujo luminoso total requerido para producir la iluminancia media (E medio) previamente especificada. El flujo total viene dado por la siguiente expresión:

Ecuación 8: Flujo luminoso total requerido (ϕ_{tot})

$$\phi_{tot} = \frac{E_{medio} * A}{CU * FM} \text{ (lm)} \quad (4)$$

Dónde:

ϕ_{tot} : Flujo luminoso total requerido [lm]

E medio: Iluminancia media requerida [lx]

A: Área del local [m²]

CU: Coeficiente de utilización

FM: Factor de mantenimiento.

9. Calcular número de luminarias requeridas (N). Habiendo determinado el flujo luminoso total requerido para producir la iluminancia media requerida y conociendo el flujo luminoso emitido por cada lámpara, el número de luminarias requeridas se calcula mediante la siguiente expresión:

Ecuación N° 9: número de luminarias requeridas (N).

$$N = \frac{\phi_{tot}}{\phi_l * n} \quad (5)$$

Dónde:

N: Número de luminarias requeridas

n: Número de bombillas por luminaria

ϕ_{tot} : Flujo luminoso total o requerido [lm]

ϕ_l : Flujo luminoso por bombilla [lm].

Después de calcular N, que normalmente no es un número entero, se deberá escoger el número de luminarias a utilizar lo más aproximado a N y en caso de presentarse dos o más opciones se deberán evaluar todas y elegir la más conveniente. Por ejemplo si N fuese igual a 11,35, se deben evaluar las opciones 10, 11 y 12 luminarias y seleccionar la más apropiada desde el punto de vista técnico y económico, después de hacerlo N tomará el nuevo valor seleccionado.

10. Calcular flujo luminoso real (ϕ real) e iluminancia promedio real (E_{prom}).

Después de determinar el número de luminarias a utilizar se deberá calcular el flujo luminoso real emitido por éstas.

Ecuación N° 10: flujo luminoso real (ϕ real) e iluminancia promedio real (E_{prom})

$$\phi_{real} = N * n * \phi_L \text{ (lm)} \quad (6)$$

Dónde:

ϕ real: Flujo luminoso real emitido [lm]

N: Numero de luminarias requeridas

n: Número de bombillas por luminaria

ϕ_L : Flujo luminoso por bombilla [lm].

Teniendo ya calculado ϕ real se debe calcular la iluminancia promedio que se obtendrá con este valor. La iluminancia promedio está determinada por la siguiente ecuación:

Ecuación N° 11: Iluminancia promedio

$$E_{prom} = \frac{\phi_{real} * CU * FM}{A} \quad (lx) \quad (7)$$

Dónde:

ϕ real: Flujo luminoso real emitido por el número de luminarias (lm)

CU: Coeficiente o factor de utilización

FM: Factor de mantenimiento

A: Área de la edificación (m²)

11. Calcular valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI). La eficiencia energética de una instalación de iluminación de una zona, se evaluará mediante el indicador denominado Valor de Eficiencia Energética de la instalación (**VEEI**) expresado en (W/m²) por cada 100 luxes, mediante la siguiente expresión [1]:

Ecuación N° 12: Valor de Eficiencia Energética de la instalación (VEEI)

$$VEEI = \frac{P * 100 \text{ lx}}{S * E_{prom}} \left[\frac{W}{m^2} * 100 \text{ lx} \right] \quad (8)$$

Dónde:

P: Potencia activa requerida por el número de luminarias a utilizar [W].

S: Superficie o área del plano útil [m²].

E: Iluminancia promedio horizontal calculada o real en el plano útil [lx].

En la Tabla 7, se indican los valores límite de VEEI que deben cumplir los recintos interiores de las edificaciones. Los valores de VEEI se establecen en dos grupos de zonas en función de la importancia que tiene la iluminación.

Tabla n° 7 Valores de Eficiencia Energética de la instalación, zona de baja importancia lumínica.

Grupo	Actividad de la zona	VEEI máximo
1. Zonas de baja importancia Lumínica.	Administrativa en general	3.5
	Andenes de estaciones de transporte	3.5
	Salas de diagnostico	3.5
	Pabellones de exposición o ferias	3.5
	Aulas y laboratorios	4
	Habitaciones de hospital	4.5
	Zonas comunes	4.5
	Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	5
	Parqueaderos	5
	Zonas deportivas	5

Fuente: Valores de VEEI máximos permitidos, Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP, 01 de abril de 2010, zona de baja importancia lumínica.

Tabla n° 8 Valores de Eficiencia Energética de la instalación, zona de alta importancia lumínica.

Grupo	Actividad de la zona	VEEI máximo
2. Zonas de alta importancia lumínica	Administrativa en general	6
	Estaciones de transporte	6
	Supermercados, hipermercados y almacenes	6
	Bibliotecas, museos y galerías de arte	6
	Zonas comunes en edificios residenciales	7.5
	Centros comerciales (tiendas excluidas)	8
	Hostelería y restauración	10
	Centros de culto religioso en general	10
	Salones de reuniones, auditorios, convenciones	10
	Tiendas y pequeño comercio	10
	Zonas comunes	10
	Habitaciones de hoteles	12

Fuente: Valores de VEEI máximos permitidos, Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP, 01 de abril de 2010, zona de alta importancia lumínica.

2.7. Conceptos básicos de Energía Eléctrica

Contactor eléctrico: un contactor es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se de tensión a la bobina (en el caso de contactores instantáneos). Un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación, con la posibilidad de ser accionado a distancia.

Figura n° 7 contactor eléctrico



Fuente: <http://www.schneider-electric.es/es/product-range/664-tesys-d/?parent-category-id=1500>

Zelio logic: es un dispositivo electrónico programable, el cual está destinado a gobernar dentro de un entorno industrial (generalmente maquinas o procesos lógicos y/o secuenciales). El cual se compone por cuatro grupos principales: entradas, salidas, procesador y memoria.

- Módulo de entrada y salidas: estos cumplen la función de conectar el equipo con el mundo exterior, todas las señales provenientes del campo son informadas al procesador, luego de ser captadas por los módulos de entrada. A su vez las órdenes generadas por el procesador son comunicadas a los elementos del proceso bajo control a través de los módulos de salida.
- Memoria: es la que contiene tanto el programa a ejecutar como los datos generados programa en curso.
- Procesador: este cumple tres funciones: recibe, conmuta y deriva.

- Lenguaje de programación: presenta dos tipos de lenguaje, estos son el Ladder y Bdf. El más usado es el Ladder, este es un lenguaje de contactos.

Figura n° 8 Zelio Logic



Fuente: <http://www.schneider-electric.com/products/pe/ls/3900-pac-plc-y-otros-controladores/3920-controladores-plc-para-maquinas-comerciales/531-zelio-logic/>

Medidor trifásico: es utilizado para conexiones trifásicas, que alimentan potencias superiores a 6 Kw y que permiten el funcionamiento de motores eléctricos, artefactos como termas luminarias, cocinas eléctricas, hornos eléctricos, etc., y por tanto requiere este tipo de conexión. La conexión trifásica cuenta con tres cables de ingreso.

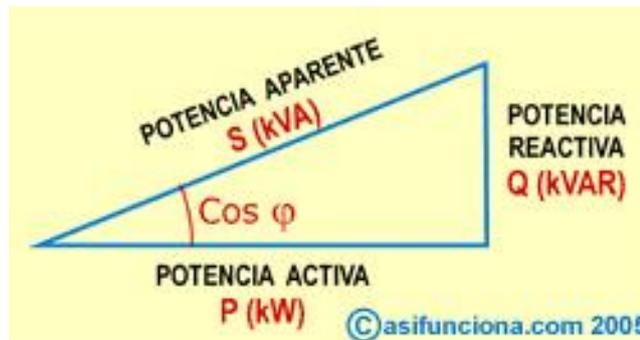
Potencia activa (P): es la que se aprovecha como potencia útil. También se le llama potencia media, real o verdadera. Su unidad de medida es el vatio (W).

Potencia reactiva (Q): es la potencia que necesitan las bobinas y los condensadores para generar campos magnéticos o eléctricos, pero que no se transforma en trabajo efectivo, sino que fluctúa por la red entre el generador y los receptores. Su unidad de medida es el voltamperio reactivo (Var).

Potencia aparente (S): es la potencia total consumida por la carga y es el producto de los valores eficaces de tensión e intensidad. Se obtiene como la suma vectorial de las potencias activa y reactiva y representa la ocupación total de las instalaciones debidas a la conexión del receptor. Su unidad de medida es el voltamperio (VA)

Triángulo de potencias: El llamado triángulo de potencias es la mejor forma de ver y comprender de forma gráfica qué es el factor de potencia o coseno de “fi” ($\cos \varphi$) y su estrecha relación con los restantes tipos de potencia presentes en un circuito eléctrico de corriente alterna.

Figura n° 9: Triangulo de Potencias



Fuente: http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_factor_potencia/ke_factor_potencia_4.htm

Como se podrá observar en el triángulo de la ilustración, el factor de potencia o coseno de “fi” ($\cos \varphi$) representa el valor del ángulo que se forma al representar gráficamente la potencia activa (P) y la potencia aparente (S), es decir, la relación existente entre la potencia real de trabajo y la potencia total consumida por la carga o el consumidor conectado a un circuito eléctrico de corriente alterna. Esta relación se puede representar también, de forma matemática, por medio de la siguiente fórmula:

Ecuación N° 13: Valor de coseno

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$

Energía Activa (Kwh): La energía activa es aquella que al ingresar a una instalación por los conductores de electricidad produce luz, calor y movimiento. Es la que calienta las resistencias de un horno, provee las fuerzas para mover motores, produce luz al atravesar el filamento de un foco incandescente, es decir produce trabajo. La energía activa representa numéricamente la dedicación que tuvo una porción de las maquinas generadoras de electricidad hacia nuestra instalación durante una determinada cantidad de tiempo, o lo que es lo mismo, pero desde el punto de vista del Consumidor, el gasto resultante del uso de sus equipos eléctricos durante cierta cantidad de tiempo. Los componentes de la energía activa son los siguientes:

El primero es la potencia, cuyas unidades se miden en kilovatios (kW). De ahí que el consumo de energía sea proporcional a la potencia de los equipos, dato característico de

Cada uno de ellos. El segundo componente es el tiempo, cuya unidad más usual es la hora (h). De ahí que el consumo de energía sea proporcional al tiempo de uso de los equipos, o sea kWh.

Energía Reactiva (Kvarh): Esta energía reactiva es la requerida para crear el campo magnético en las bobinas de motores, transformadores, balastos magnéticos, etc., tiene características diferentes a la energía activa que acabamos de ver. Ella como tal no produce luz, movimiento ni calor. Magnitudes por fuera de las normas establecidas de energía reactiva producen sobre carga en la infraestructura del sistema eléctrico de las empresas prestadoras del servicio y del Consumidor, y sobre costos en la factura. Su consumo es determinado a través del medidor de energía reactiva, de características similares al medidor de energía activa o medidor electrónico. Su unidad de medida se abrevia Kvarh, y se pronuncia kilo-vares-hora.

Horas de punta (HP) y Fuera de Punta (HFP): Se entenderá por horas de punta (HP) el periodo comprendido entre las 18:00 y 23:00 horas de cada día de todos los meses del año, exceptuándose a solicitud del cliente, los días domingo, días de descanso que correspondan a feriados y feriados que coincidan con días de descanso, siempre y cuando el cliente asuma los costos de inversión para la medición adicional.

Se entenderá por horas fuera de punta (HFP) al resto de horas del mes no comprendidas en las horas de punta (HP).

Osinerg: se crea mediante Ley N° 26734 publicada el 31 de diciembre de 1996, como organismo público encargado de supervisar y fiscalizar el cumplimiento de las disposiciones legales y técnicas de las actividades que desarrollan las empresas en los subsectores de electricidad e hidrocarburos, así como el cumplimiento de las normas legales y técnicas referidas a la conservación y protección del medio ambiente.

Opción tarifaria aplicada al proyecto MT3: esta opción tarifaria está dirigida para aquellos usuarios cuyos consumos de potencia se da durante las 24 horas del día o aquellos usuarios cuyo turno de trabajo empieza en horas de la mañana y acaban pasadas las 18:00 h. esta tarifa considera precios diferenciados para las facturaciones de potencia, según si los usuarios se encuentran calificados como presentes en punta o presentes en fuera de la punta.

Tabla n° 9 Opciones Tarifarias

Opción Tarifaria	Sistema y Parámetros de Medición	Cargos de Facturación
Media Tensión		
MT2	<p>Medición de dos energías activas y dos potencias activas (2E2P)</p> <p>Energía : Punta y Fuera de Punta Potencia: Punta y Fuera de Punta</p> <p>Medición de energía reactiva</p> <p>Modalidad de facturación de potencia activa variable</p>	<p>a) Cargo fijo mensual.</p> <p>b) Cargo por energía activa en horas de punta.</p> <p>c) Cargo por energía activa en horas fuera de punta.</p> <p>d) Cargo por potencia activa de generación en horas de punta.</p> <p>e) Cargo por potencia activa por uso de las redes de distribución en horas de punta.</p> <p>f) Cargo por exceso de potencia activa por uso de las redes de distribución en horas fuera de punta.</p> <p>g) Cargo por energía reactiva.</p>
MT3	<p>Medición de dos energías activas y una potencia activa (2E1P)</p> <p>Energía: Punta y Fuera de Punta Potencia: Máxima del Mes</p> <p>Medición de energía reactiva</p> <p>Modalidad de facturación de potencia activa variable.</p> <p>Calificación de Potencia: P: Usuario presente en punta FP: Usuario presente fuera de punta</p>	<p>a) Cargo fijo mensual.</p> <p>b) Cargo por energía activa en horas de punta.</p> <p>c) Cargo por energía activa en horas fuera de punta.</p> <p>d) Cargo por potencia activa de generación.</p> <p>e) Cargo por potencia activa por uso de las redes de distribución.</p> <p>f) Cargo por energía reactiva.</p>
MT4	<p>Medición de una energía activa y una potencia activa (1E1P)</p> <p>Energía: Total del mes. Potencia: Máxima del mes</p> <p>Medición de energía reactiva</p> <p>Modalidad de facturación de potencia activa variable</p> <p>Calificación de Potencia: P: Usuario presente en punta FP: Usuario presente fuera de punta</p>	<p>a) Cargo fijo mensual.</p> <p>b) Cargo por energía activa.</p> <p>c) Cargo por potencia activa de generación.</p> <p>d) Cargo por potencia activa por uso de las Redes de distribución.</p> <p>e) Cargo por energía reactiva.</p>

Fuente: www2.osinerg.gob.pe/resoluciones/pdf/1908NormaOpcionesTar.pdf

CAPITULO 3. DESARROLLO

3.1 ORGANIZACIÓN

La empresa productora de bombas centrífugas es del rubro metalmecánica que opera desde el año 1955.

Martin Stähle, inventor del impulsor centrífugo helicoidal. Gracias a sus características únicas en el manejo de sólidos, el impulsor centrífugo helicoidal, fue determinante en el desarrollo de la industria pesquera en la década del 60.

En la actualidad manejamos una variedad de productos que van desde las bombas para líquidos limpios, pasando por bombas para pozos profundos, equipos de pesca, bombas importadas, motores y transformadores hasta servicios en el campo de la fundición y el mecanizado.

Misión:

“Proveer a nuestros clientes con bombas y motores eléctricos que cumplan o excedan sus expectativas de calidad, rendimiento, y durabilidad al menor costo posible”.

Visión:

“Seguir siendo líderes a través de un equipo de personas dignas y perfectamente entrenadas”.

Descripción del área de Fundición y Mecanizado:

La fundición es un área especializada dedicada a la fabricación y suministro de piezas fundidas de hierro gris, hierro nodular, aceros al carbón, inoxidable y aleados, aluminio y bronce de la misma calidad para abastecer a la industria nacional y exportando el 40% de su producción a Europa.

La mecánica cuenta con un parquee con 60 máquinas especializadas para un excelente trabajo de mecanizado; entre CNC de última tecnología, tornos, amadrinadoras, etc; la cual contribuirá a la industria como; minerías, agroindustrias, metal-mecánica, acerías y petroleras.

Descripción del Proceso Productivo:

El proceso productivo se inicia con la generación de una necesidad de fabricación de un producto, para ello se generan listas de componentes o materia prima que forman parte del producto. Se verifican los stock con el área de almacén de materias primas, si no existe provisión se comunica al área de planeamiento quién elabora los requerimientos vía sistema para luego ser enviados al área de compras Locales e Importaciones, quienes se encargan de elaborar, cotizar y evaluar cotizaciones, realizar las Órdenes de Compra y coordinar con proveedor los tiempos de entrega de las materias primas en nuestros almacenes.

Posteriormente la planificación de la carga de trabajo es asignada a cada unidad de producción de acuerdo a la prioridad del programa de producción según lo que se requiera producir en los procesos de fundición, mecanizado de piezas y ensamble de bomba y equipos de bombeo. En cada proceso se realizan las siguientes actividades:

Proceso de Fundición de Piezas: Una vez asignada la necesidad de fundir piezas, el área de Fundición programa la carga de trabajo, la información de la carga de trabajo asignada es transmitida por medio del programa de producción en reportes a los sub-procesos de modelería, almas, moldeo manual, moldeo máquina, hornos y acabados de fundición.

Según programa de producción, el proceso de modelería realiza los mantenimientos correspondientes a los modelos para ser enviados a los procesos de moldeo de almas, moldeo máquina y moldeo manual. En dichos procesos existen dos tipos de moldeo definidos:

- **Con arena virgen** (moldeo almas), se utiliza arena sílice, resina alcalina y gas carbónico la resina mezclada con la arena es depositada en los moldes para formar el alma y luego inyectarle el gas carbónico para el endurecimiento del alma; una vez obtenida el alma, se le aplica una pintura a base de grafito, o zirconita y alcohol con la finalidad de proteger el alma. Como actividad adicional se usa la estufa de secado para acelerar el proceso de secado del alma, para ello se cuenta con una (01) estufa de secado la cual cuenta con suministro de Gas Natural.
- **Con arena recuperada:** (moldeo manual y moldeo máquina). El moldeo manual es preparado con arena sílice recuperada mezclada con resina furánica y el catalizador para esta resina. Para el moldeo máquina, se emplea arena recuperada, bentonita y seacoal como principales insumos. Los procesos de moldeo manual y máquina trabajan en simultáneo para producir las cajas de moldeo (molde) que son almacenadas en las línea de vaciado para el caso de moldeo manual y en el carrusel para el caso de la línea de moldeo máquina para el vaciado de la aleación fundida.

En simultáneo con los procesos anteriormente mencionados, se preparan los hornos de inducción para el abastecimiento y cargado del horno con el material programado a fundir (chatarra de Fierro, chatarra de acero, acero manganeso, fierro cromo, fierro níquel, fierro molibdeno, fierro silicio, fierro niobio y chatarra de alambre de cobre), seguidamente se realiza encendido, adición y ajuste de la aleación fundida en las 2 líneas de hornos, siendo el uso de acuerdo al programa de Fundición diario. Una vez controlado y asegurado los parámetros establecidos por los estándares de fabricación de la Empresa Productora de Bombas Centrifugas se procede al sangrado y vaciado de la aleación en cada uno de los moldes que se encuentran en espera en las líneas correspondientes que se describen a continuación:

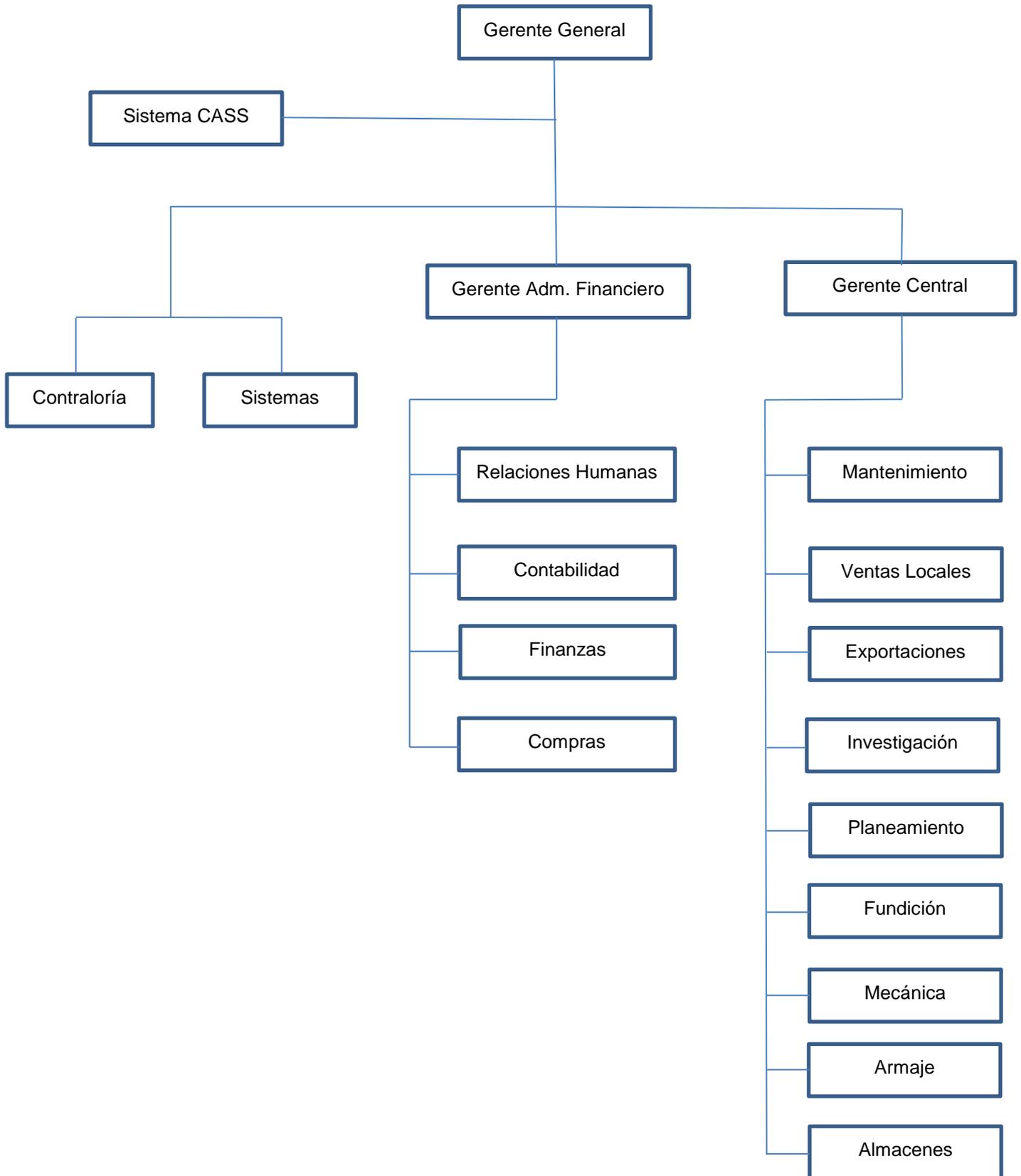
- **Línea de vaciado manual**, por la cual se procede a vaciar el material fundido al molde a través de callanas previamente calentadas. Una vez realizada esta operación de vaciado, los moldes son dejados en reposo por un tiempo definido según estándar hasta su enfriamiento para su posterior proceso de desmoldeo (retirar la arena de pieza fundida).
- **Línea de vaciado en el carrusel**, regularmente ocurre cuando los moldes son pequeños y pueden ser conducidos por el carrusel, el material fundido es depositado en las callanas e igualmente vaciados a los moldes y dejados por un tiempo de reposo para su total enfriamiento, para luego ser desmoldado con equipos de vibración.
- Para el proceso de desmoldeo de las cajas de molde, sistema de recolección y recuperación de arena usada, el cual está instalado en una zona confinada. Así mismo para el proceso de recolección se realiza el quemado de la arena usada, para ello se usa una (01) secadora de arena con ello se asegura un alto porcentaje de recuperación de arena reduciendo el consumo de arena nueva.

Una vez retirada completamente la arena de las piezas son enviadas al proceso de granallado para homogenizar la superficie de las piezas fundidas en las dos (02) máquinas granalladoras. Seguidamente se cortan los alimentadores para seguir con la limpieza de las rebabas de las protuberancias que se presenten en la superficie; para realizar este proceso de acabado se usan máquinas y herramientas neumáticas de esmerilado y soldadura de corte.

Como parte del proceso de acabados se realiza el tratamiento térmico a las piezas fundidas que requieran mejorar sus propiedades mecánicas-físicas, para ello se hace uso de la línea de tratamiento térmico, que está formado por cuatro hornos de tratamiento térmico y dos cisternas para el proceso de enfriamiento.

Una vez que las piezas fundidas tengan la superficie adecuada al estándar, se envían al proceso de pintado, y las piezas en acero inoxidable y de bronce son enviadas al almacén para su distribución al proceso de mecanizado de piezas.

Organigrama:



3.2 ACTIVIDADES REALIZADAS

3.2.1. Sustentación técnico de la implementación

En el área de fundición donde se realizó la implementación de un sistema automático de iluminación se usaban lámparas mixtas las cuales no estaban dentro de las normas de iluminancia, y el consumo de energía eléctrica era muy elevado. Teniendo estos datos se llevó a implementar este proyecto es decir automatizándolo con un equipo **ZELIO LOGIC** este controlara todo el sistema de encendido y apagado. Se reemplazaron las luminarias antiguas que usaban lámparas mixtas de 500 W por luminarias **HIGH BAY** que usaran lámparas **MASTER PIA 250 W**.

Tabla n° 10 Valores técnicos de Lámpara Luz Mixta

Código	I	V(max)	V(min)	Potencia	lux
9.28097E+11	2.32	230	220	500	13000

Fuente: Philips, catálogo de productos, lámparas, luz mixta 500 W
www.lighting.philips.com/main/prof/lamps/high-intensity-discharge-lamps/son-high-pressure-sodium

Tabla n° 11 Valores técnicos de Lámpara Master Pia

Código	I	V(max)	V(min)	Potencia	lux
20426430	0.98	105	77	70	5900
18228915	1.8	115	85	150	16100
18225815	1.2	115	85	100	9700
19344515	2.85	115	85	250	30900
19345215	4.3	120	90	400	55400

Fuente: Philips, catálogo de productos, lámparas, master pia plus 250 W
www.lighting.philips.com/main/prof/lamps/high-intensity-discharge-lamps/son-high-pressure-sodium

3.2.2. Solución y diseño de un sistema de iluminación

En esta sección se realizará el diseño de un sistema de iluminación para un área de armado de moldes, si bien este diseño no contará con un alto grado de dificultad, se realiza con el fin de exponer la metodología fundamental a emplear en cualquier diseño de iluminación interior.

1. **Análisis del proyecto.** El local a iluminar es de forma rectangular y en el se realizará el ensamble o montaje de moldes. La iluminación requerida es del tipo general; es decir, se debe asegurar una iluminancia promedio en todo el local y no en lugares específicos.
2. **Definir parámetros del local.** Los parámetros del local hacen referencia a sus dimensiones, color o textura de paredes, techo y piso, y finalmente al tipo de local y el tipo de actividad que se va a realizar allí. Estos parámetros son entonces los siguientes:

Dimensiones: Altura: 8 m, ancho: 20 m, longitud: 100 m

Color de paredes y techo: Gris claro

Color del piso: Gris oscuro

Plano o altura de trabajo: 0,85 m.

Habiendo definido ya los colores o texturas de las paredes, piso y techo, se procede a asignar el valor de reflectancia para cada una de estas superficies considerando hojas de datos similares a la mostrada en la Tabla 2. Basados en lo anterior se ubican los colores gris claro y oscuro en la tabla previamente mencionada, de esta manera las reflectancias efectivas quedan establecidas de la siguiente manera:

Reflectancia paredes y techo: 73%

Reflectancia piso: 25%.

3. **Seleccionar iluminancia media.** Luego de conocer el tipo de edificación a iluminar y la clase de actividad que se ha de realizar allí se debe especificar el nivel de iluminancia media requerida para dicha edificación. Para hacerlo se busca en la Tabla 1 y se ubica un tipo de recinto y actividad que coincida, en este caso es trabajo en hierro y acero, inspección y control y trabajo manual. De esta manera queda establecida la iluminancia media (E_{media}) como 500 lx (Objetivo de diseño).
4. **Selección conjunto lámpara-luminaria.** Para este tipo de local se empleará La luminaria **HIG BAY** con una lámpara **MASTER SON PIA PLUS 250 W**. Lámpara de sodio de alta presión con bulbo exterior ovoide opalizado potencia elevada y prolongada vida útil.

Beneficios:

- Tecnología superior que tiene como resultado:

- Gran eficacia/flujo luminoso que permite un bajo coste de energía
- Vida útil prolongada y fiable que reduce el coste de mantenimiento
- Luz constante durante la vida útil

Características

- Bulbo exterior ovoide, revestido de blanco
- Tubo de descarga cerámico con la exclusiva tecnología PIA (Antena integrada Philips) que ofrece una vida útil prolongada y fiable
- El concepto "Plus" de alta eficacia se traduce en una elevada potencia lumínica y un mantenimiento lumínico mejorado
- Construcción robusta con pocos puntos de soldadura muy resistente a la vibración y los impactos, reduciendo aún más las averías y prolongando la vida de la lámpara.

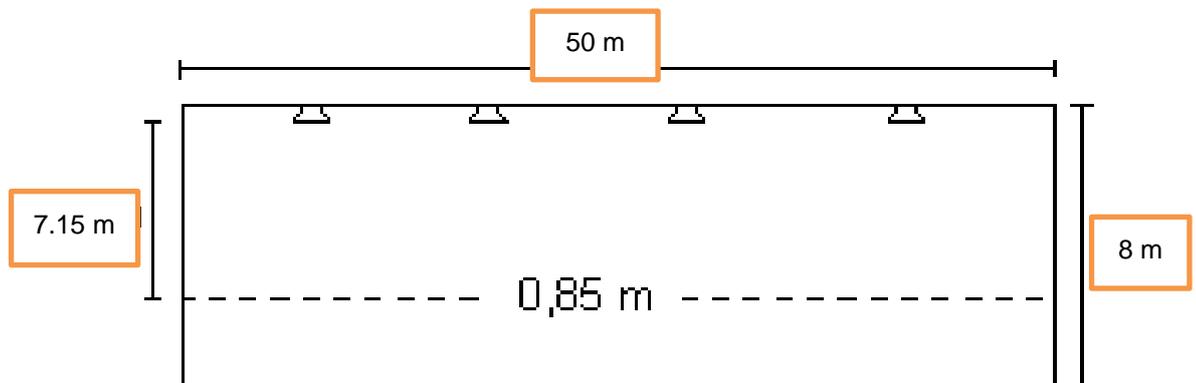
Aplicaciones

- Iluminación viaria y residencial
- Proyección de luz decorativa, iluminación
- Iluminación de áreas industriales
- Instalaciones deportivas recreativas, interiores y exteriores

5. Calcular K, CU y FM.

5.1 Índice de Cavidad del local K. Lo primero que se debe hacer es identificar las dimensiones del plano de trabajo del taller:

Figura n° 10: Índice de Cavidad del local K



Como se aprecia en la Figura 8, las cavidades zonales están delimitadas por el plano de 0,85 m correspondiente al plano de trabajo. Dado que la luminaria se

adosará directamente al techo el plano de montaje de luminarias es cero, hm se calcula usando la Ecuación 1:

$$h_m = 8 \text{ m} - 0,85 \text{ m} = 7,15 \text{ m}$$

Luego de calcular hm se utiliza la Ecuación 2 para calcular el índice de cavidad del local:

Ecuación N° 14: para calcular el índice de cavidad del local

$$k = \frac{5 * 7.15\text{m} * (100\text{m} + 20\text{m})}{(100\text{m} * 20\text{m})} = 2.145$$

Debido a que en las tablas de CU el índice de cavidad del local es un número entero, se realizará la aproximación de 2.145 a 2. De esta manera la cavidad del local quedará establecida como K = 2.

5.2 Determinar coeficiente de utilización (CU). Teniendo el índice de la cavidad del local y las reflectancias efectivas de cada superficie, se procede a determinar el coeficiente o factor de utilización por medio de las hojas de datos entregadas por los fabricantes.

Por otro lado se fijan los coeficientes del techo, pared y suelo en función de la decoración prevista. Se considera que la reflexión del suelo es del 25%, de las paredes perimetrales de un 73% y de un 73% para el techo, para no realizar un contraste excesivo que resulte fatigoso para los que trabajen en el área de fundición.

Interpolando en la tabla que proporciona los valores de los índices de reflexión en función del índice del local, se tiene el valor del factor de utilización de $C_u=0.89$.

5.3 Factor de mantenimiento (FM). Para calcular el FM se utilizarán los valores sugeridos por la CIE de la Tabla 4 ya que para utilizar la Ecuación 3 se deben obtener datos especiales de la lámpara los cuales solo se incluyen junto con su compra. Para calcular entonces el FM se asumirá que es un local de limpieza normal y que cuenta con un ciclo anual de mantenimiento. Sabiendo entonces que el tipo de luminaria escogida es del tipo abierta, el factor de mantenimiento quedará establecido en 0,89.

6. Flujo luminoso total requerido (ϕ_{tot}). Teniendo ya definidos los valores de CU, FM y E medio se procede a calcular el flujo luminoso total requerido (ϕ_{tot}) mediante la Ecuación 15:

Ecuación N° 15: Flujo luminoso total requerido (ϕ_{tot})

$$\phi_{tot} = \frac{500 \text{ Lx} * (100\text{m} * 20\text{m})}{0.89 * 0.89} = 1262466.86$$

7. Número de luminarias requeridas (N). Teniendo ya calculado el flujo luminoso total requerido y conociendo el flujo luminoso emitido por el tipo lámpara seleccionada, se procede a calcular el número de luminarias requeridas para proveer el flujo luminoso total utilizando la Ecuación 5:

Ecuación N° 16: Número de luminarias requeridas (N)

$$N = \frac{1262466.86 \text{ lm}}{30900 \text{ lm}} = 40.85 \text{ Luminarias}$$

Debido a que se trata de un local rectangular el número de luminarias instaladas debe ser par a manera de contribuir con la uniformidad, por lo tanto se escoge:

42 luminarias.

8. Flujo luminoso real (ϕ_{real}) e Iluminancia promedio (E prom). Luego de conocer la cantidad de luminarias a utilizar se debe calcular el flujo luminoso que éstas emitirán utilizando la Ecuación 6. Como se mencionó en la Sección 1.3.7, se deben evaluar las dos soluciones posibles, 42:

Para 42 luminarias:

Ecuación N° 17: Flujo luminoso real (ϕ_{real})

$$\phi_{real} = 42 * 30900 \text{ lm} = 1297800 \text{ lm}$$

Luego con el flujo luminoso real se calcula usando la Ecuación 7 la iluminancia promedio:

$$E_{prom} = \frac{1297800 \text{ lm} * 0.89 * 0.89}{100\text{m} * 20\text{m}} = 513.99 \text{ Lx}$$

Este valor de iluminancia promedio es aceptable, pues se encuentra dentro del rango establecido y además un poco cerca del valor medio ideal.

9. Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI). El VEEI de un sistema de iluminación depende principalmente de la eficacia de las lámparas utilizadas, de manera que entre más alta sea la eficacia de éstas, menor será el VEEI obtenido, lo cual es deseado. Para calcularlo se utiliza la Ecuación 8.

Ecuación N° 18: Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI)

$$VEEI = \frac{250 \text{ W} * 42 * 100 \text{ Lx}}{100\text{m} * 20\text{m} * 513.99 \text{ Lx}} = 1.02 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} * 100$$

El taller de montaje estaría localizado en el grupo 1 de la Tabla 5 como “Otros recintos interiores” en el cual el VEEI máximo es 4,5. En este caso el VEEI obtenido es menor que el valor máximo permitido, por lo tanto el diseño es eficiente desde el punto de vista energético. Al cumplir los objetivos de iluminancia promedio y el de valor de eficiencia energética de la instalación se puede dar por terminado el diseño.

3.2.3. Calculo del consumo eléctrico

Lámparas Mixtas

Son 60 lámparas de 500 W y opera de lunes a viernes de 6 pm a 7 am, conectada a una red de 220V, 60 Hz, tarifa MT3.

Datos:

$$P = 30 \text{ Kw}$$

$$Q = 22.5 \text{ Kvar}$$

$$\Phi = 0.8$$

$$\text{Arc cos}(0.8) = 36.87^\circ$$

Tiempo:

$$6 \text{ pm a } 11 \text{ pm} = 5 \text{ h} * 22 \text{ d} = 110 \text{ h}$$

$$11 \text{ pm a } 7 \text{ am} = 8 \text{ h} * 22 \text{ d} = 176 \text{ h}$$

Energía:

$$EA = 30 \text{ Kw} * 286 \text{ h} = 8580 \text{ Kwh}$$

$$ER = 22.5 \text{ Kvar} * 286 \text{ h} = 6435 \text{ Kvarh}$$

$$EA(\text{HP}) = 30 \text{ Kw} * 5 \text{ h} * 22 \text{ d} = 3300 \text{ Kwh}$$

$$EA(\text{HFP}) = 30 \text{ Kw} * 8 \text{ h} * 22 \text{ d} = 5280 \text{ Kwh}$$

Costo:

$$EA(\text{HP}) * 0.1741 = \text{S}/.574.53$$

$$EA(\text{HFP}) * 0.1431 = \text{S}/.755.568$$

$$\begin{aligned} ER(\text{facturar}) &= ER - 30\% EA = 6435 - 2574 = \text{Kvarh} \\ &= 3861 \text{ Kvarh} * 0.0359 = \text{S}/.138.60 \end{aligned}$$

$$C_{\text{total}} = 574.53 + 755.568 + 138.60 + \text{IGV} = \text{S}/.1733.06$$

Lámparas Master Son Pia Plus 250 W

Son 42 lámparas de 250 W y opera de lunes a viernes de 6 pm a 7 am, conectada a una red de 220V, 60 Hz, tarifa MT3.

$$P = 10.5 \text{ Kw}$$

$$Q = 7.87 \text{ Kvar}$$

$$\Phi = 0.8$$

$$\text{Arc cos}(0.8) = 36.87^\circ$$

Tiempo:

$$6 \text{ pm a } 11 \text{ pm} = 5 \text{ h} * 22 \text{ d} = 110 \text{ h}$$

$$11 \text{ pm a } 7 \text{ am} = 8 \text{ h} * 22 \text{ d} = 176 \text{ h}$$

Energía:

$$EA = 10.5 \text{ Kw} * 286 \text{ h} = 3003 \text{ Kwh}$$

$$ER = 7.87 \text{ Kvar} * 286 \text{ h} = 2250.82 \text{ Kvarh}$$

$$EA(\text{HP}) = 10.5 \text{ Kw} * 5 \text{ h} * 22 \text{ d} = 1155 \text{ Kwh}$$

$$EA(\text{HFP}) = 10.5 \text{ Kw} * 8 \text{ h} * 22 \text{ d} = 1848 \text{ Kwh}$$

Costo:

$$EA(\text{HP}) * 0.1741 = S/.201.08$$

$$EA(\text{HFP}) * 0.1431 = S/.264.44$$

$$ER(\text{facturar}) = ER - 30\% EA = 2250.82 - 900.9 = 1349.92 \text{ Kvarh}$$

$$= 1349.92 \text{ Kvarh} * 0.0359 = S/.48.46$$

$$C_{\text{total}} = 201.08 + 264.44 + 48.46 + \text{IGV} = S/.606.4964$$

3.2.4. Cuadro comparativo entre lámpara de luz mixta 500w y lámpara Master Pia 250 W

Tabla n° 12 Cuadro comparativo entre lámpara luz mixta y lámpara master

	Potencia (W)	Iluminancia (lux)
Lámpara Luz Mixta	500	13000
Lámpara Master Pia	25	30900

Fuente: Propia

3.2.5. Accesorios y Materiales

Tabla n° 13 Accesorios y materiales a usar

MATERIALES	Relé Zelio Logic
	Contactores
	Interruptor 160 A
	Medidor trifásico
	Selectores
	Selector manual
	Tablero 600x400x250 IP55
	Lámpara Master Pia250 W
RECURSOS HUMANOS	Supervisor de Mantenimiento
	Técnico electricista
	Técnico automatización industrial
FORMATOS	Formato de inspección de seguridad
	Formato de inspección de electricidad
	Recibos de luz
	Planos eléctricos y de arquitectura
OFICINA	Hojas bond, lapiceros, cuadernos

Fuente: Propia

3.2.5. Tipos de automatización y control de iluminación

Controles de iluminación Vizia RF

Vizia RF es la imagen perfecta del control de iluminación “inteligente”, con tecnología de radiofrecuencia Z-Wave. El sistema ofrece el control con un toque de luces y artefactos eléctricos, transiciones de ambiente drásticas, eventos programados y numerosas opciones interesantes para realizar su hogar.

Redes de iluminación Omni-Bus

La red de iluminación Omni-Bus de Leviton combina los beneficios de un sistema de control de iluminación central con la flexibilidad de un sistema de control de iluminación distribuido. El control de iluminación puede mejorar el disfrute y el valor de su hogar o su

negocio, brindar mayor seguridad para su tranquilidad y contribuir a los ahorros en su factura de energía.

Figura n° 11 Sistemas de Control de Iluminación



Fuente: Leviton

Owlet: El control inteligente para una iluminación eficiente

Owlet es la gama de soluciones de control inteligente ofrecida por el Grupo Schröder. Gracias a Owlet, las ciudades pueden reducir su factura de energía hasta en un 85%, gestionar los gastos más eficazmente, mejorar el mantenimiento y la gestión de activos y proporcionar una mayor seguridad con un mayor bienestar a sus ciudadanos.

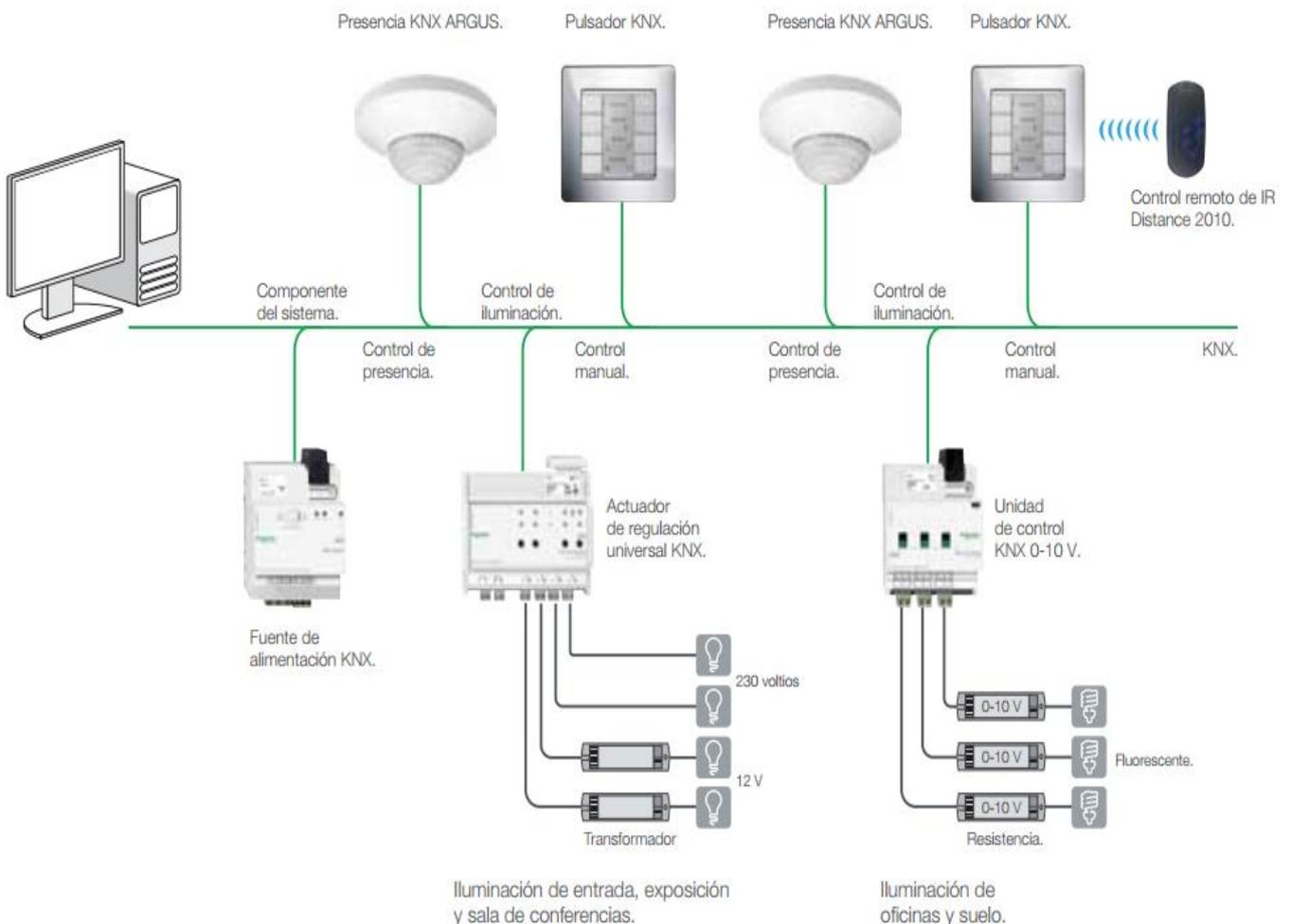
Las soluciones Owlet de Schröder integran la última tecnología de vanguardia. La combinación de LED y sistemas de control permite conseguir un ahorro energético de hasta el 85% en comparación con instalaciones equipadas con fuentes de luz tradicionales. Gracias a prestaciones inteligentes como la “Constant Light Output” (compensación de la depreciación del rendimiento lumínico), “Virtual Power Output” (que adapta la potencia según las exigencias) y la “Selective Dynamic Lumen Output” (que se adapta a las necesidades reales), los sistemas de control Owlet evitan el exceso de luz y el derroche de energía. Con este favorable balance energético, el enfoque Schröder contribuye a la gestión eficaz de las finanzas y al uso responsable de la energía.

Para adaptar la iluminación a las necesidades reales, nuestras soluciones incluyen sensores. Miden los niveles de luces naturales, el movimiento o la velocidad para proporcionar luz sólo en el lugar y momento en que se necesita. Esta prestación permite evitar la iluminación innecesaria a favor del ahorro energético.

Tecnología KNX de Schneider Electric

Sin duda le es familiar la frase “el último que salga apaga las luces”. En efecto esto no se debería decir, pero en edificios de oficinas con un gran número de empleados esta no es siempre la solución. Aquí se pueden realizar ahorros importantes de energía mediante la utilización de una serie de estrategias que permiten optimizar el consumo energético. Por ejemplo la iluminación no se encenderá hasta que los sensores de ocupación detecten movimiento y se apagará o atenuará a un nivel determinado cuando sea necesario. Además se pueden incorporar los sistemas HVAC para ser ajustados automáticamente. La iluminación artificial puede ser ajustada automáticamente a un nivel determinado (atenuación) de acuerdo a la compensación de la luz normal en espacios donde ésta tenga incidencia, siempre y cuando se cumpla con los niveles de iluminación establecidos en el RETILAP (Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público).

Figura n° 12 Diagrama de soluciones KNX



Fuente: Scheider Electric

3.2.6. Planos unifilares, esquemas, diagramas y tipos de conexiones

Figura n° 13 Cableado del sistema eléctrico (fuerza)



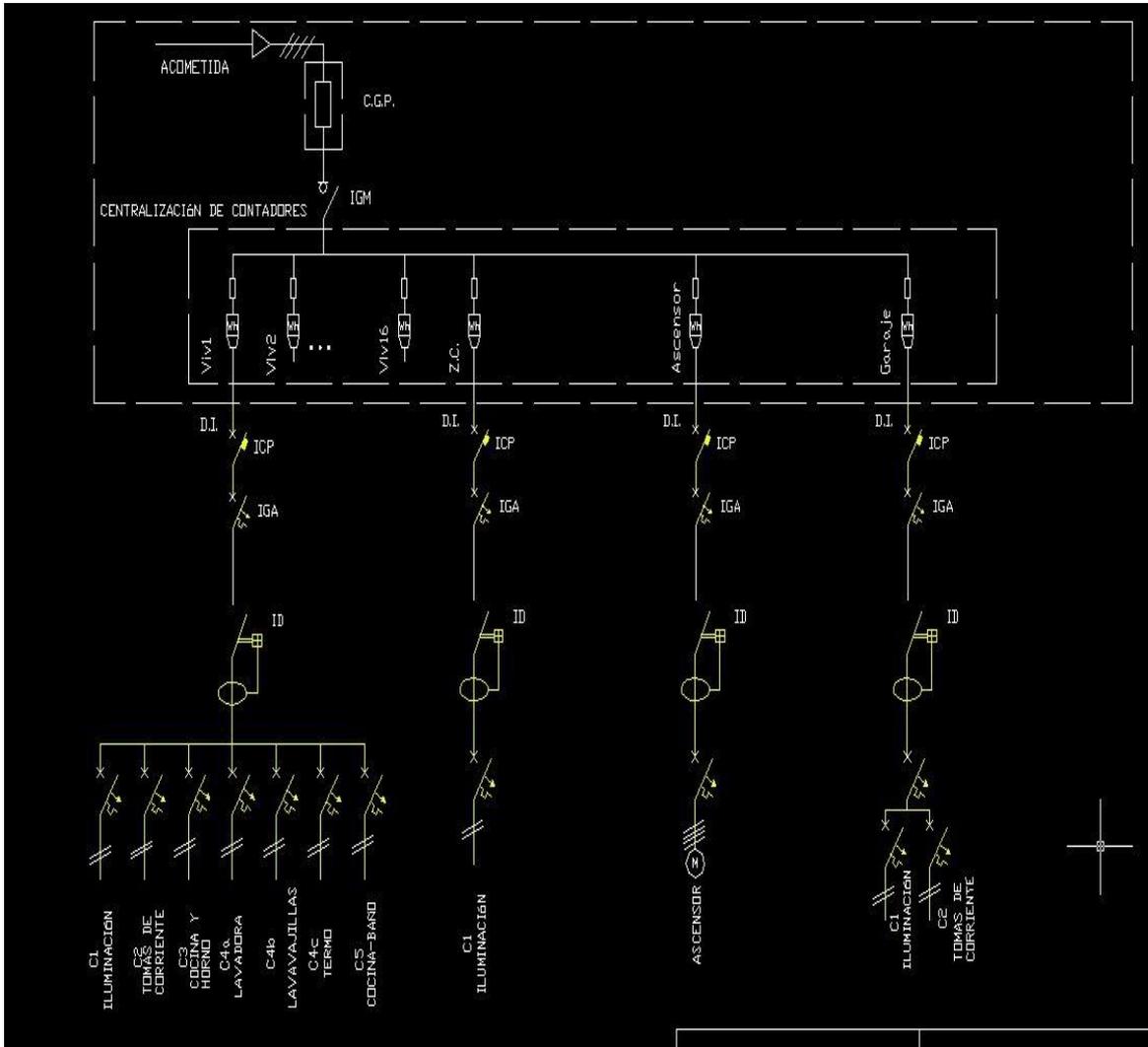
Fuente: Propia

Figura n° 14 Cableado del sistema eléctrico (mando)



Fuente: Propia

Figura n° 15 Diagrama unifilar



Fuente: Propia

3.2.7. Plan de Acción

Tabla n° 14 Plan de acción

AUTOMATIZACIÓN DE LUMINARIAS		
PLANTEAMIENTO	ACTIVIDADES	TAREAS
Diagnóstico de consumo	Consumo	Análisis de consumo eléctrico de luminaria
Diagnóstico de condición	Inspección	Inspección in situ
		Elaborar informe de diagnostico
Diseño de instalaciones de iluminación interior	Planificación del diseño	Calculo de instalación de iluminación con las dimensiones de la zona a automatizar
Planificación de restructuración	Elaborar planos de automatización	Dibujar los planos a mano alzada en planta
		Dibujar los planos en Inventor
	Revisión y aprobación de planos de ingeniería	Revisión de planos por jefe de ingeniería
		Revisión de planos por el Gerente de CASS
Cotización de materiales	Pedir cotización a los proveedores de materiales y equipos	
Ejecución de operaciones	Armado de componentes	Programación de PLC
		Cambio de luminaria
		Ensamble de tablero
Prueba y ajuste del sistema	Pruebas generales	Prueba de programación
	Pruebas de contingencia	Prueba de dispositivos manuales

Fuente: Propia

CAPITULO 4. RESULTADOS

4.1. Costo de Implementación de la Mejora

Tabla n° 15 Costo del Proyecto

COSTO DEL PROYECTO					
ITEM	MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO/UNIDAD	COSTOS
1	Relé Zelio Logic	1	Unid.	300.00	300.00
2	Contactores	8	Unid.	172.80	1382.40
3	Interruptor 160 A	1	Unid.	334.80	334.80
4	Medidor trifásico	1	Unid.	260.00	260.00
5	Selectores	8	Unid.	64.15	513.20
6	Selector manual	1	Unid.	64.15	64.15
7	Tablero 600x400x250 IP55	1	Unid.	250.00	250.00
8	Hig Bay 250 W	42	Unid.	300.00	12600.00
TOTAL S/.					15704.55

Fuente: Propia

Tabla n° 16 Costo de mano de obra

COSTO DE MANO DE OBRA				
CARGO	N° DE TRABAJADORES	HORAS DE TRABAJO	VALOR POR HORA DE TRABAJO	TOTAL
Supervisor de Mantenimiento	1	5	12.50	62.50
Técnico Automatización Industrial	1	4	8.50	34.00
Técnico Electricista	2	8	7.00	112.00
TOTAL S/.				208.50

Fuente: Propia

Tabla n° 17 Costo total de Implementación

COSTO TOTAL DE IMPLEMENTACION		
PAGO	DESCRIPCION	IMPORTE
Único	Mano de obra	208.50
Único	Costo del proyecto	15704.55
Único	Costo de mejora	74.80
TOTAL S/.		15987.87

4.2. Evaluación de la reducción de energía eléctrica

Tabla n° 18 Evaluación de la reducción de Energía Eléctrica

	Lámpara Mixta 500 w	Lámpara Master 250 W
P (Kw)	30	10.50
Q (Kvar)	22.50	7.87
Tiempo (HP) (h)	110	110
Tiempo (HFP) (h)	176	176
EA (Kwh)	8580	3003
ER (Kvarh)	6435	2250.82
EA (HP) (Kwh)	3300	1155
EA (HFP) (Kwh)	5280	1848

Fuente: Propia

4.3. Relación Costo/Beneficio

Tabla n° 19 Relación Costo/Beneficio

COMPARACIÓN	
Consumo eléctrico mensual de lámparas mixtas	S/. 1,733.06
Consumo eléctrico mensual de lámparas Master	S/. 606.49

Fuente: Propia

Ahorro mensual: S/. 1 126.57

Ahorro anual: S/. 13 518.84

4.4. Eficiencia antes y después de la implementación

Eficiencia antes de la implementación:

$$E_{prom} = \frac{780000 \text{ lm} * 0.89 * 0.89}{100\text{m} * 20\text{m}} = 308.919 \text{ Lx}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{308.919 \text{ lux}}{500 \text{ lux}} * 100 = 61 \%$$

Eficiencia después de la implementación:

$$E_{prom} = \frac{1297800 \text{ lm} * 0.89 * 0.89}{100\text{m} * 20\text{m}} = 513.99 \text{ Lx}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{513.99 \text{ lux}}{500 \text{ lux}} * 100 = 102 \%$$

INTERPRETACION:

Ante la elección de un nuevo tipo de luminaria de una mejor tecnología, se logra una eficiencia calculada de dos puntos porcentuales del valor fraccional esperado de 100 %.

El tipo de luminaria considerada para la mejora es un 41 % más eficiente que la previa.

CAPITULO 5.

DISCUSIÓN

Este trabajo tuvo como propósito identificar, comparar, contrastar y describir aquellas ventajas de la utilización de nuevas tecnologías de luminarias con la finalidad de mejorar la iluminación en planta al emplear tecnología Hig Bay, la cual redundo en un gran impacto dado un menor consumo energético, así como ahorro monetario.

Sobre todo, se evaluaron y finalmente se seleccionó el modelo de lámpara que tanto técnica como económicamente era viable para sustentar el proyecto en planta. Para ello, también se complementó el proyecto con información y pruebas bajo normas actuales de luminotecnía principalmente, para ambientes industriales.

Dentro del plan de acción se definieron los lineamientos y puntos primordiales de acción que encausaron los pasos y tareas a seguir para la consecución de actividades, desde la concepción del proyecto, seguimiento, aprobación y finalmente implementación del mismo. Todas estas etapas estuvieron inmersas en reuniones donde se discutieron las ventajas y desventajas de emplear la tecnología de luminaria como también las ventajas de integración, automatización en el sistema de control.

Los cálculos efectuados se efectuaron tanto dentro de la hora pico (18 a 23 horas), así como fuera de está, bajo una tarificación MT3 de la empresa proveedora de energía “Edelnor”. Es importante resaltar, los horarios de trabajo al cual estarán expuestos las lámparas, también, el factor de potencia denotado por: **Cos ϕ**

Dicho factor es de vital importancia tanto de forma interna como externa dado que denota la calidad y capacidad de energía que se está entregando y recibiendo de la red eléctrica. Mientras el factor de potencia, este más cercano al 0.97 – 0.99, se considera como una empresa que cuida, mantiene y retorna energía eléctrica a la red de usuarios sin afectar su proceso, evitándose penalidades.

CONCLUSIONES

En esta Tesis se determinó los procesos de mayor consumo de energía eléctrica que no es productiva como resultado el sistema de iluminación. La propuesta de implementar un sistema automático de control de iluminación en el área de fundición es el punto de partida para la solución integral que permite optimizar al máximo los consumos en este sistema.

Se logró identificar las causas raíces y se realizó acciones prioritarias para llevar a cabo la propuesta de implementar el sistema automático de control logrando una evolución satisfactoria del indicador, ya que cuando se inició el proyecto en enero existía un índice de 8580 Kwh mensual en el área de fundición y al finalizarlo los valores se encontraban en 3003 Kwh mensual. (Ver tabla n° 19).

Realizar un proyecto de implementación de un sistema automático parte con la etapa de planificación, la cual involucra analizar la situación y proponer posibles ideas para desarrollo de la propuesta a ejecutar, y dar solución a los problemas, luego se realiza la ejecución de la mejora, en la cual todas las ideas ya organizadas, basadas en conceptos técnicos se plasman para obtener la oportunidad de implementarse, luego sigue el control y evaluación si los resultados son tal cual se planearon; como en este caso al hacerle seguimiento al proyecto se pudo observar que tanto el indicador de consumo de energía disminuyeron generando ahorros de 1126.57 soles mensuales. (Ver tabla n°20).

Se optimizó la iluminación, para lo cual fue necesario definir sus indicadores de eficiencia, ya que cuando se inició el proyecto existía un índice de 308.914 lux por los 60 equipos de luminarias equivalente a un 61 % de eficiencia y al finalizarlo los valores se encontraban en 513.99 lux por los 42 equipos de luminarias equivalente a 102 % de eficiencia. (Ver subcapítulo 4.4.)

Como siguiente paso es el reemplazo de fluorescentes existentes en el área de administración por fluorescentes con leds con lo cual se lograría un ahorro de hasta más de un 70% anual.

Al realizar el estudio de factibilidad del proyecto se encontró que los tres indicadores de evaluación reflejan que este proyecto es rentable para la empresa pues no se requiere un capital de inversión elevado y el tiempo de retorno de inversión es a medio-corto plazo.

RECOMENDACIONES

Los techos del área de fundición se encuentran con diferentes alturas en algunas partes de la nave. La inversión para techos sería muy beneficio para la planta no solo porque el sistema de control de luminarias necesita que las condiciones de los techos tengan las consideraciones necesarias para su diseño, sino también en temas de salud ocupacional. Al momento de la implementación del nuevo sistema de alumbrado, se deberá de realizar charlas de capacitación a todo el personal, para que se comuniquen el objetivo del proyecto y el rol del operario para detectar alguna falla. Como también dar inicio a las charlas de cultural energética para la mejora de los consumos.

La Implementación de un sistema automático de control de luminarias para el área de fundición es el inicio para centralizar el control automático de iluminación de la planta. El área de mecánica representa el 30% de la planta, cuenta con techos altos más altos para que el sistema de control sea aún más fácil de instalar. Es una nave que trabaja a dos turnos y su uso energético nocturno se encuentra dentro de la hora punta, el cual eleva el costo de los consumos mensuales.

Para los pasadizos centrales y patio anexos a las naves, la iluminación podría estar a cargo de sensores controlados con el mismo PLC para centralizar el consumo mensual y así tener mayor alcance de todos los consumos energéticos.

Importante tener dentro del plan de mantenimiento preventivo de la planta, el seguimiento al tablero de control, PLC e iluminarias, generando un nuevo registro de inspecciones mensuales.

REFERENCIAS

- Cabascango Quilumba Alexandra. (2005). Optimización del sistema de iluminación de la planta industrial NOVOPAN DEL ECUADOR S.A. (Tesis de Ingeniería). Escuela Politécnico del Ejército, Provincia de Sangolqui. Ecuador.
- Capítulo VI, Luminotecnia e Instalaciones Eléctricas, Electrotecnia Industrial (Ing. Industrial, Sistemas, Mecánica).
- Castro Mauricio, Enríquez Diego, Pacheco Aldrin. (2011). Automatización de una casa inteligente con PLC. (Tesis de Ingeniería). Escuela Superior de ingeniería mecánica y eléctrica del Instituto Politécnico Nacional de México. México.
- Fundación para la eficiencia energética, Conceptos generales, Curso online: eficiencia energética en instalaciones de iluminación. Recuperado de www.f2e.es/es/fundacion-eficiencia-energetica.
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (2013). Resolución de Consejo Directivo. OSINERGEMIN N° 206-2013-OS/CD. Recuperado de www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro.../OSINERGMIN-N206-2013-OS-CD.pdf
- Pedro Barata. (2015). Artículo de la revista Electro Industria. Marketing Specialist de la División Low Voltage Products de ABB. Chile.
- Perú. Ministerio de energía y minas (1982). Norma n° DGE 017-AI-1/1982. Norma de Alumbrado de interiores y campos deportivos.
- Perú. Ministerio de Energía y Minas (2006). Instalaciones Eléctricas Interiores. Norma EM. 010, 3.4 Instalaciones Eléctricas y Mecánicas, Título III, Reglamento Nacional de Edificaciones. El Peruano, domingo 11 de junio de 2006.
- Perú. Ministerio de Energía y minas (2011). Viceministro de energía. Dirección General de Electricidad. Guía de orientación para la selección de la tarifa eléctrica para usuarios en media tensión. Recuperado de www.minem.gob.pe/prepublicacionesectorDown.php?id=178.
- Philips. Catálogo de productos. Recuperado de www.lighting.philips.com.pe/productos/lamparas-profesionales
- Promelsa. Catálogo de productos. Recuperado de www.promelsa.com.pe/linea.asp?id_linea=001&id_sublinea=1&saldos=.
- Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público-RETILAP, 01 de abril 2010.
- Resolución de la comisión de tarifas eléctricas N° 024-97 P/CTE.
- Rodríguez Ramírez, Julián A., Alejandro Llano, Cristian. (2012). Diseño de un Sistema de Iluminación. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia.

Schneider-electric. Catálogo de productos. Recuperado de www.schneider-electric.com/products/pe/ls/

Schneider-electric. Manual de instalaciones. Recuperado de www.schneiderelectric.es/documents/local/productosservicios/distribucion_electrica/Manual_Teorico_Practico_Instalaciones_Electricas/600021106.pdf

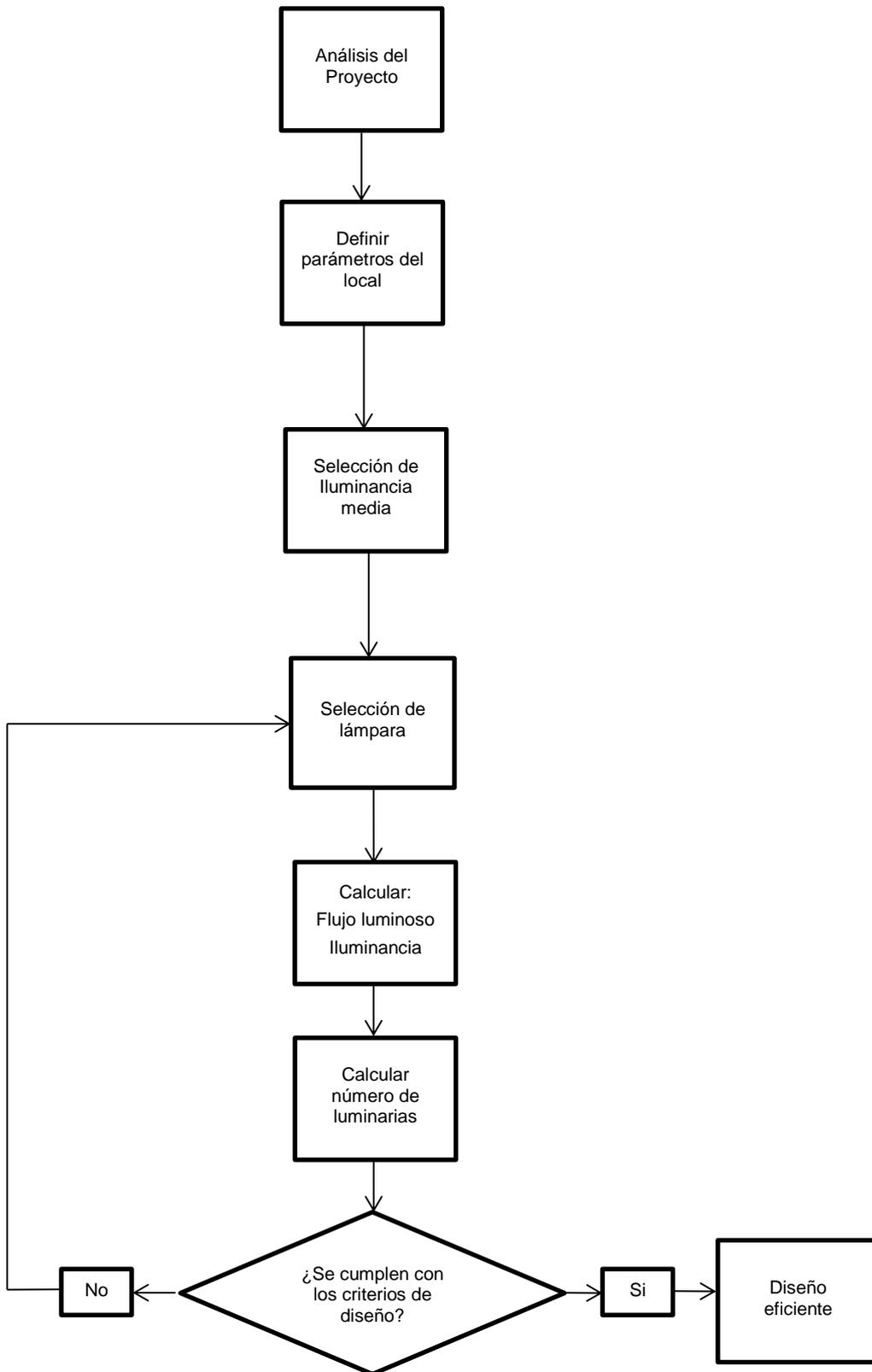
Talla Chicoma, Elisa Denisse. (2015). Ahorro de Energía Eléctrica en una Industria Cervecera como estrategia de excelencia operativa. (Tesis de Ingeniería). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Perú.

Villegas Ortega, Alejandro. (2013). Corrección del Factor de Potencia en Sistemas Rectificadores/Inversores con pruebas de Laboratorio. (Tesis de Ingeniería). Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica unidad profesional “Adolfo López Mateos”. México.

ANEXOS

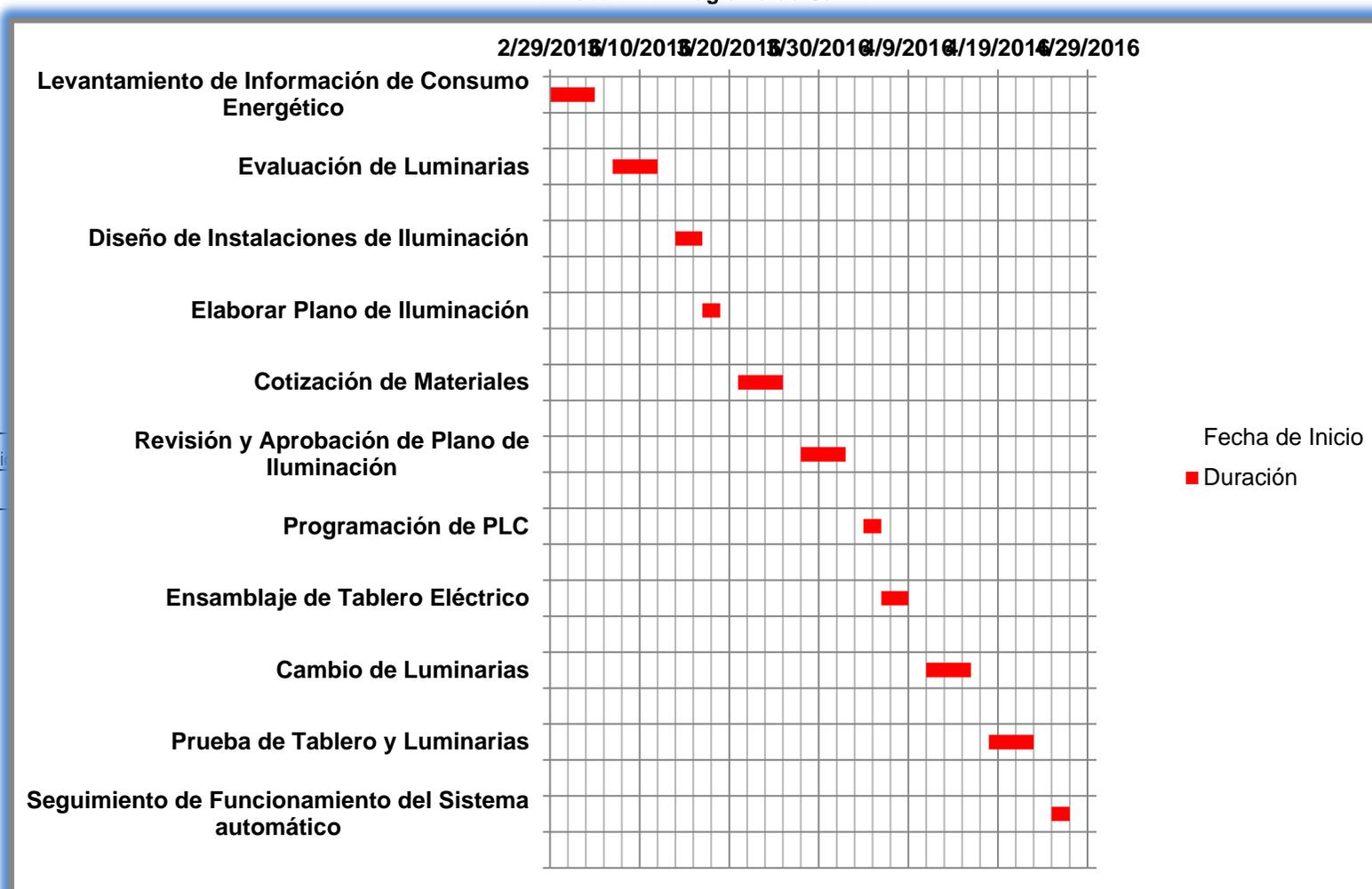
Anexo n.º 1	Flujograma de operaciones	69
Anexo n.º 2	Diagrama de Gantt	70
Anexo n.º 3	Diagrama de Gantt (Datos)	71
Anexo n.º 4	Proforma de materiales	72
Anexo n.º 5	Proforma de luminarias High Bay	73
Anexo n.º 6	Ficha técnica de Luminaria High Bay	73
Anexo n.º 7	Ficha técnica de lámpara Master son pia plus	73
Anexo n.º 8	Factura de cargo por consumo eléctrico	73
Anexo n.º 9	Factura de cargo por consumo eléctrico	73
Anexo n.º 10	Factura de cargo por consumo eléctrico	73
Anexo n.º 11	Fotos de instalación de Luminarias	73
Anexo n.º 12	Ficha técnica de lámpara luz mixta 500 W	73

Anexo n.º 1 Flujoograma de operaciones



Fuente: Propia

Anexo n.º 2 Diagrama de Gantt



Fecha de Inicio
 Duracion

Fecha de Inicio
 ■ Duración

Anexo n.º 3 Diagrama de Gantt (Datos)

Actividades	Fecha de Inicio	Duración	Fecha de termino
Levantamiento de Información de Consumo Energético	29/02/2016	5	05/03/2016
Evaluación de Luminarias	07/03/2016	5	12/03/2016
Diseño de Instalaciones de Iluminación	14/03/2016	3	17/03/2016
Elaborar Plano de Iluminación	17/03/2016	2	19/03/2016
Cotización de Materiales	21/03/2016	5	26/03/2016
Revisión y Aprobación de Plano de Iluminación	28/03/2016	5	02/04/2016
Programación de PLC	04/04/2016	2	06/04/2016
Ensamblaje de Tablero Eléctrico	06/04/2016	3	09/04/2016
Cambio de Luminarias	11/04/2016	5	16/04/2016
Prueba de Tablero y Luminarias	18/04/2016	5	23/04/2016
Seguimiento de Funcionamiento del Sistema automático	25/04/2016	2	27/04/2016

	Levantamiento de información de consumo energético	Evaluación de luminarias	Diseño de instalaciones de iluminación	Elaborar plano de iluminación	Cotización de materiales	Revisión y aprobación de plano de iluminación	Programación de PLC	Ensamblaje de tablero eléctrico	Cambio de luminarias	Prueba de tablero y luminarias	Seguimiento de funcionamiento del sistema automático
Fecha de Inicio	29-feb	07-mar	14-mar	17-mar	21-mar	28-mar	04-abr	06-abr	11-abr	18-abr	25-abr
Duración	5	5	3	2	5	5	2	3	5	5	2

Fuente: Propia

Anexo n.º 4 Proforma de materiales

PÁGINA 1



Cotización 1-603042

DIRECCION: Calle A Mz. D Lot. 20 Of.402 Urb, Ind, Pan. Norte-San Martin de Porres - Lima - Lima
Telf: (511) 539-3900 Cel. 9961-48382
RUC: 20557769111
E mail: ventas@mcdiselec.com

SEÑORES :
DIRECCION : (
PROVINCIA : LIMA PAIS: PERU

VENDEDOR : Rosa Rivera
FECHA : 22/03/2016 HORA : 15:59
FORMA DE PAGO : Credito 30 días

ITEM	ARTICULO	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA	MARCA	UM	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL	TIEMPO ENTREGA
1	SH03-1003	Contactor Tripolar 25A, 1NA+1NC, Bob220V,LC1D25M7	LC1D25M7		Und	8	172.80	1,382.40	stock
2	SH01-1257	Interruptor term.3x150A,caja moldeada,EZC250N3150	EZC250N3150		Und	1	334.80	334.80	stock
3	SH01-1258	Interruptor term.3x175A,caja moldeada,EZC250N3175	EZC250N3175		Und	1	408.80	408.80	stock
4	SH04-1031	Selector 2 Pos. corta2NA IP65, Ref. XB4BD25	XB4BD25		Und	8	64.15	513.22	stock
5	SH04-1029	Selector 3 Pos. corta 2NA IP65, Ref. XB4BD33	XB4BD33		Und	1	64.15	64.15	stock

IMPORTE	S/. 2,701.37	DESCUENTO		I.G.V.	S/. 488.25	TOTAL:	S/. 3,187.82
---------	--------------	-----------	--	--------	------------	--------	--------------

CREADO POR : ROSA RIVERA (Vendedor)

CONDICIONES DE VENTA

OBSERVACIONES:

BANCO BBVA CTA. CTE. S/. 355-0100023394

BANCO BBVA CTA. CTE. \$. 355-0100023416



Distribuidor



Fuente: Distribución Eléctrica E.I.R.L.

Anexo n.º 5 Proforma de luminarias High Bay



CLIENTE : RUC: 20100171814
 DIRECCIÓN :
 ATENCIÓN :
 REFERENCIA :
 FECHA : 05/05/2016
 TELÉFONO :
 FAX :

COTIZACIÓN No.: 00200000450

ITEM	CODIGO	DESCRIPCION	MARCA	CANT.	UNID	T.ENT	UNIT	TOTAL
1	PH-LUM/C-400W	EQUIPO LUMINARIA HIGH-BAY TICAMPANA 400W IP65 CIPROTECCION DE VIDRIO ACCESORIOS PHILIPS	PHILIPS	6.00	UND		271.1865	1,627.12
2	PH-LUM/O-250W	EQUIPO LUMINARIA HIGH-BAY TICAMPANA 250W IP65 CIPROTECCION DE VIDRIO ACCESORIOS	PHILIPS	6.00	UND		262.7119	1,576.27

SUB-TOTAL 3,203.39
 IGV(18 %) 678.61
 TOTAL COTIZADO 3,782.00

CONDICIONES DE VENTA

CONDICIÓN DE PAGO : FACT-30 DIAS
 MONEDA : Soles
 VALIDEZ DE PRECIOS : 10 Día(s)
 LUGAR DE ENTREGA :

GESTOR COMERCIAL : JACKI SORIA SAUREZ
 NEXTELMOVIL : 994085635.00
 EMAIL : jacki.soria@consorcio-electrico.com



Local Comercial: Jr. Bambas N° 416 - Lima
 Teléfono: 426-1961 Nextel: 408*5635 / 402*9451 / 135*2609
 E-mail: ventas@consorcio-electrico.com / consorcio-electrico@hotmail.com
 Sucursal: Jr. Azangaro N° 970 Tías. 119-120

Fuente: Consorcio Eléctrico Industrial SA

Anexo n.º 6 Ficha técnica de Luminaria High Bay



Descripción

Luminaria para suspender de uso industrial diseñada para ser usada con lámpara ovoide de halogenuros metálicos de 250W o 400W. Campana en aluminio repujado con acabado interno anodizado.

Aplicaciones

Áreas industriales, naves interiores, hangares, almacenes, garajes, supermercados, lugares donde se concentra polvo y humedad.



Accesorios

- Vidrio templado de seguridad o cubierta de policarbonato transparente.
- Se mantiene sujeto a la campana mediante un zuncho de seguridad.



PHILIPS

Fuente: http://images.philips.com/is/content/PhilipsConsumer/PDFDownloads/Peru/indoor-luminarias/ODLI20151009_001-UPD-es_PE-HT-High-Bay-Local.pdf

Anexo n.º 7 Ficha técnica de lampara Master son pia plus



2015, Diciembre 21
Datos sujetos a cambios

La solución de alumbrado viario más fiable

MASTER SON PIA Plus

Lámpara de sodio de alta presión con bulbo exterior ovoide opalizado, potencia elevada y prolongada vida útil.

Beneficios

- Tecnología superior que tiene como resultado:
- Gran eficacia/flujo luminoso que permite un bajo coste de energía
- Vida útil prolongada y fiable que reduce el coste de mantenimiento
- Luz constante durante la vida útil

Características

- Bulbo exterior ovoide, revestido de blanco
- Tubo de descarga cerámico con la exclusiva tecnología PIA (Antena integrada Philips) que ofrece una vida útil prolongada y fiable
- El concepto "Plus" de alta eficacia se traduce en una elevada potencia lumínica y un mantenimiento lumínico mejorado
- Construcción robusta con pocos puntos de soldadura muy resistente a la vibración y los impactos, reduciendo aún más las averías y prolongando la vida de la lámpara

Aplicaciones

- Iluminación viaria y residencial
- Proyección de luz decorativa, iluminación
- Iluminación de áreas industriales
- Instalaciones deportivas recreativas, interior y exterior

Fuente: http://images.philips.com/is/content/PhilipsConsumer/PDFDownloads/Peru/indoor-luminarias/ODLI20151009_001-UPD-es_PE-HT-High-Bay-Local.pdf

Anexo n.º 8 Factura de cargo por consumo eléctrico



Empresa de Distribución Eléctrica de Lima Norte S.A.A.
Calle César López Rojas N° 201
Irb. Maranga San Miguel - Lima - Lima
I.U.C. N° 20269985900

CLIENTE: 0292012
Su Ejecutivo es: JORGE MIFFLIN MERÉ
Tel.: 517-2902 email: jorge.mifflin@enel.com

DATOS DEL SUMINISTRO

Sres.: [Redacted]
Dirección: [Redacted]
Distrito: [Redacted]
Dir. Cobranza: [Redacted]
R.U.C.: [Redacted]
Sist. Eléctrico: [Redacted]

Ruta: 58-536-0009

FECHA DE LECTURA Y VENCIMIENTO

Nro. Recibo: C-57388362
Fecha Lect. Ant.: 28/01/2016
Fecha Lect. Act.: 24/02/2016

Mes de Facturación: FEBRERO - 2016
Fecha Próxima Lectura: 28/03/2016
Fecha del Próximo Vencimiento: 13/04/2016

UNIDADES FISICAS	LECTURA ACTUAL	LECTURA ANTERIOR	DIFERENCIA	FACTOR	CONSUMOS
Energ. Activa Fuera Punta	756.020	631.010	125.010	2000.00	250020.00
Energ. Activa Horas Punta	155.510	129.190	26.320	2000.00	52640.00
Energ. Activa Fuera Punta	406.660	332.820	73.840	2000.00	147680.00
Energía Reactiva	2.252	1.895	0.397	2000.00	794.00
Potencia FP (kW)	1.914	1.548	0.366	2000.00	732.00

DATOS TÉCNICOS Y COMERCIALES

Tarifa: MT3
Potencia Máxima Contratada: 800.000
Modalidad Facturación: Potencia Variable
Vigencia Opción Tarifaria: Mar/2015 - Mar/2016
Código Alimentador: Z-03
Conexión: SUBTERRANEA
Medidor: TRIFÁSICO - N° 15803451 - 3 Hilos
Tipo Medidor: Electrónico
Tensión: 10 KV - MT
Tipo Conexión: C5.4
Forma de Calificación: AUTOMÁTICA
Energía HP Periodo: 52640.00
Número HP del Periodo: 125
Demanda Max Periodo: 794.00
Demanda Media en HP: 421.120000
Factor de Calificación: 0.530
Resultado de Calificación: PRESENTE EN PUNTA

HISTORIA DE CONSUMOS Y DEMANDAS

	Fe	Mr	Ab	My	Jn	Jl	Ag	Sr	Oc	Nv	Dc	En	Fe
Energía HP	5700	5240	5940	4740	4690	4020	4200	5440	5980	5180	4390	3540	5340
Energía FP	2860	2860	2900	2470	2570	2260	2360	2460	2570	2420	2180	1400	2000
Energía Reactiva	12480.00	13480.00	13300.00	11940.00	12300.00	10400.00	11000.00	12420.00	14880.00	11760.00	10540.00	14190.00	
Demanda HP	794.00	814.00	782.00	722.00	808.00	744.00	782.00	792.00	746.00	754.00	738.00	698.00	722.00
Demanda HP	628.00	638.00	612.00	578.00	588.00	598.00	608.00	618.00	628.00	638.00	648.00	658.00	668.00

DETALLE DE FACTURACIÓN

Cargo Facturado	Consumo	Unidades	Precio Unitario	Importe
Reposic. y Mant. de Conex				15.74
Cargo Fijo				3.12
Energ. Activa Fuera Punta	250020.00	(kWh)	0.1799	44,978.59
Energ. Activa Horas Punta	52640.00	(kWh)	0.2157	11,354.45
Energ. Activa Fuera Punta	56882.00	(kVAh)	0.0438	2,491.43
Energía Reactiva				23.42
Intens. Compensatorio	774.00	(kW)	10.8200	8,374.63
Pot. Uso Redes Distrib. H	794.00	(kW)	45.0566	35,774.94
Potencia de Generación HP				1,520.00
Alumbrado Público				104,536.38
SUBTOTAL Mes Actual				18,816.55
I.G.V.				123,352.93
TOTAL Mes Actual				2,391.01
Aporte Ley N° 26749				0.41
Redondeo Mes Anterior				-0.35
Redondeo Mes Actual				

TOTAL A PAGAR S/ *****125,744.00

FECHA DE EMISION 25/FEB/2016 **FECHA DE VENCIMIENTO** 11/MAR/2016

MENSAJES AL CLIENTE

El total a pagar incluye: Recargo FOSE (Ley 27510) S/. 2997.16
Su Recibo Incluye el Aporte Ley 26749.



002920122012574400110320160373110000000006

Fuente: Edelnor facturación del mes de enero

Anexo n.º 9 Factura de cargo por consumo eléctrico

edelnor
 Empresa de Distribución Eléctrica de Lima Norte S.A.A.
 Calle César López Rojas Nº 201
 Urb. Mananga San Miguel - Lima - Lima
 R.U.C. Nº 20269985900

CLIENTE: 0292012
 Su Ejecutivo es: JORGE MIFLIN MERE
 Tel.: 517-2902 email: jorge.miflin@enel.com

DATOS DEL SUMINISTRO
 Sres. [Redacted]
 Dirección: [Redacted]
 Distrito: [Redacted]
 Dir. Cobranza: [Redacted]
 R.U.C.: [Redacted]
 Sist. Eléctrico: [Redacted]
 Ruta: 58-536-0009

DATOS TÉCNICOS Y COMERCIALES
 Tarifa: MT3
 Potencia Máxima Contratada: 800.000
 Modalidad Facturación: Potencia Variable
 Vigencia Opción Tarifaria: Mar2016 - Mar2017
 Código Alimentador: Z-03
 Conexión: SUBTERRANEA
 Medidor: TRIFÁSICO - N° 15803451 - 3 Hilos
 Tipo Medidor: Electrónico
 Tensión: 10 KV - MT
 Tipo Conexión: CS 4
 Forma de Calificación: AUTOMÁTICA
 Energía HP Período: 47960.00
 Número HP del Período: 125
 Demanda Max Período: 760.00
 Demanda Media en HP: 383.680000
 Factor de Calificación: 0.500
 Resultado de Calificación: PRESENTE EN PUNTA

FECHA DE LECTURA Y VENCIMIENTO
 Nro. Recibo: C-61493742
 Fecha Lect. Ant.: 27/04/2016
 Fecha Lect. Act.: 26/05/2016
 Mes de Facturación: MAYO - 2016
 Fecha Próxima Lectura: 24/06/2016
 Fecha del Próximo Vencimiento: 12/07/2016

UNIDADES FISICAS	LECTURA ACTUAL	LECTURA ANTERIOR	DIFERENCIA	FACTOR	CONSUMOS
Energ. Activa Fuera Punta	1157.230	1034.490	122.740	2000.00	245480.00
Energ. Activa Horas Punta	233.000	208.020	24.980	2000.00	47960.00
Energ. Reactiva	608.430	582.070	26.360	2000.00	62720.00
Potencia FP (kW)	3.451	3.071	0.380	2000.00	760.00
Potencia HP (kW)	2.837	2.538	0.301	2000.00	602.00

DETALLE DE FACTURACIÓN

Cargo Facturado	Consumo	Unidades	Precio Unitario	Importe
Reposic. y Mant. de Conex				15.57
Cargo Fijo				3.12
Energ. Activa Fuera Punta	245480.00	(kWh)	0.1688	41,437.01
Energ. Activa Horas Punta	47960.00	(kWh)	0.2032	9,745.47
Energ. Reactiva	4688.00	(kVARh)	0.0427	200.18
Interes Compensatorio				144.17
Pot. Uso Redes Distrib. H	819.00	(kW)	10.3103	8,444.14
Potencia de Generación HP	760.00	(kW)	44.9083	34,130.30
Alumbrado Publico				1,520.00
SUBTOTAL Mes Actual				95,639.97
I.G.V.				17,215.20
TOTAL Mes Actual				112,855.17
Aporte Ley N° 28749				2,318.18
Redondeo Mes Anterior				0.47
Redondeo Mes Actual				-0.33

HISTORIA DE CONSUMOS Y DEMANDAS

	My	Jn	Jl	Ag	Si	Oc	Nv	Dc	En	Fe	Mr	Ab	Mj
Energía HP (kWh)	4080	4100	4200	4300	4400	4500	4600	4700	4800	4900	5000	5100	5200
Energía FP (kWh)	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700	2800	2900	3000	3100	3200
E. Reactiva (kVARh)	10000	10500	11000	11500	12000	12500	13000	13500	14000	14500	15000	15500	16000
Demanda FP (kW)	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400	410	420
Demanda HP (kW)	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370

Apr-16 S/ 113,543.50
 Mar-16 S/ 136,695.50

TOTAL A PAGAR S/ ***115,173.50**

FECHA DE EMISION: 27/MAY/2016 **FECHA DE VENCIMIENTO: 11/JUN/2016**

MENSAJES AL CLIENTE
 El total a pagar incluye: Recargo FOSE (Ley 27510) S/. 2732.13
 Su Recibo incluye el Aporte Ley 28749.

002920122011517350110620160378110000000007

Fuente: Edelnor facturación del mes Mayo

Anexo n.º 10 Factura de cargo por consumo eléctrico

Edelnor
Empresa de Distribución Eléctrica de Lima Norte S.A.A.
Avenida César López Rojas N° 201
Barranco, Maranga San Miguel - Lima - Lima
D.C. Nº 20269985900

CLIENTE: 0292012
Su Ejecutivo es: JORGE MIFFLIN MERE
Tel.: 517-2902 email: jorge.mifflin@enal.com

DATOS DEL SUMINISTRO
Sra. Dirección: Ruta: 58-536-0009
Distrito: Dir. Cobranza: R.U.C.: Sist. Eléctrico: Lima

DATOS TÉCNICOS Y COMERCIALES
Tarifa: MT3
Potencia Máxima Contratada: 800.000
Modalidad Facturación: Potencia Variable
Vigencia Opción Tarifaria: Mar/2016 - Mar/2017
Código Alimentador: Z-03
Conexión: SUBTERRANEA
Medidor: TRIFÁSICO - N° 5369477 - 3 Hilos
Tipo Medidor: Electrónico
Tensión: 10 KV - MT
Tipo Conexión: C5.4
Forma de Calificación: AUTOMÁTICA
Energía HP Periodo: 43540.00
Número HP del Periodo: 125
Demanda Max Periodo: 806.00
Carga Media en HP: 348.320000
Factor de Calificación: 0.430
Resultado de Calificación: FUERA DE PUNTA

FECHA DE LECTURA Y VENCIMIENTO
Nro. Recibo: C-64150905
Fecha Lect. Ant.: 24/06/2016
Fecha Lect. Act.: 25/07/2016
Mes de Facturación: JULIO - 2016
Fecha Próxima Lectura: 25/08/2016
Fecha del Próximo Vencimiento: 10/09/2016

UNIDADES FÍSICAS	LECTURA ACTUAL	LECTURA ANTERIOR	DIFERENCIA	FACTOR	CONSUMOS
Energ. Activa Fuera Punta	1399.910	1279.740	120.170	2000.00	240340.00
Energ. Activa Horas Punta	277.670	255.900	21.770	2000.00	43540.00
Potencia FP (kW)	4.259	3.856	0.403	2000.00	806.00
Potencia HP (kW)	3.392	3.089	0.303	2000.00	606.00

DETALLE DE FACTURACIÓN

Cargo Facturado	Consumo	Unidades	Precio Unitario	Importe
Reposic. y Mant. de Conex				15.57
Cargo Fijo				3.12
Energ. Activa Fuera Punta	240340.00	(kWh)	0.1687	40,545.36
Energ. Activa Horas Punta	43540.00	(kWh)	0.2032	8,847.33
Interes Compensatorio				53.85
Potencia de Generación FP	806.00	(kW)	31.3700	25,284.22
Pot. Uso Redes Distrib. F	819.00	(kW)	10.6300	8,705.97
Alumbrado Publico				1,520.00
SUBTOTAL Mes Actual				84,975.42
I.G.V.				15,295.58
TOTAL Mes Actual				100,271.00
Aporte Ley N° 28749				2,242.65
Redondeo Mes Anterior				0.36
Redondeo Mes Actual				-0.01

HISTORIA DE CONSUMOS Y DEMANDAS

	Ji	Ag	St	Oc	Nv	Dc	En	Fe	Mr	Ab	My	Jn	Jl
Energía HP	4818	4208	5440	5002	5190	4986	5940	5340	5520	5100	4761	4986	4580
Energía FP	2475	2260	2830	2570	2620	2900	2620	2920	2670	2540	2440	2400	2400
Potencia HP	1000.00	1000.00	1100.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
Potencia FP	74.00	70.00	75.00	74.00	75.00	78.00	88.00	78.00	84.00	81.00	80.00	80.00	80.00
Potencia HP	50.00	50.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00

Jun-16 S/ 103,727.50
May-16 S/ 115,173.50

Horas Punta
Fuera de Punta

TOTAL A PAGAR S/ ***102,514.00**

FECHA DE EMISION 26/JUL/2016

FECHA DE VENCIMIENTO 10/AGO/2016

MENSAJES AL CLIENTE

Pagar incluye: Recargo FOSE (Ley 27510) S/ 2422.00
Incluye el Aporte Ley 28749.

00292012201025140010082016038211000000010

Fuente: Edelnor facturación del mes de Julio

Anexo n.º 11 Fotos de instalación de Luminarias



Fuente: Propia

Anexo n.º 12 Ficha técnica de lámpara luz mixta 500 W



ML

ML 500W E40 220-230V HG 1SL

Mixed Light lamps

Product data

• General Characteristics

Base	E40
Bulb	ED120 [ED 120mm]
Bulb Material	Hard Glass
Bulb Finish	Coated
Operating Position	vbu/vbd30 [Vertical or Base Up/Base Down +/-30D]
Life to 5% failures	2000 hr
Life to 20% failures	5000 hr
RatedAvgLife(See Family Notes)	10000 hr

• Light Technical Characteristics

Color Rendering Index	50 Ra8
Color Temperature	3700 K
Initial Lumens	13000 Lm
Luminous Efficacy Lamp EM	26 Lm/W
Lumen Maintenance 2000h	90 %
Lumen Maintenance 5000h	80 %
Chromaticity Coordinate X	396 -
Chromaticity Coordinate Y	387 -

• Electrical Characteristics

Energy Used	500 W
Lamp Wattage EM 25°C, Nominal	500.0 W
Lamp Wattage EM 25°C, Rated	500.0 W
Voltage	220-230 V

Lamp Voltage	225 V
Lamp Current EM	2.32 A
Dimmable	No

• Environmental Characteristics

Energy Efficiency Label (EEL)	B
Mercury (Hg) Content	46 mg
Energy consumption kWh/1000h	550 kWh

• Luminaire Design Requirements

Cap-Base Temperature	250 (max) C
Bulb Temperature	350 (max) C

• Product Dimensions

Overall Length C	290 (max) mm
Diameter D	122 (max) mm

• Product Data

Order code	928097057795
Full product code	928097057795
Full product name	ML 500W E40 220-230V HG 1SL
Order product name	MLL 500W 220V E40 6PK
Pieces per pack	1
Packing configuration	6
Packs per outerbox	6
Bar code on pack - EAN1	8711500214003
Bar code on outerbox - EAN3	8711500219015

PHILIPS

Fuente: Philips