



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA

“SISTEMA AUTOMÁTICO DE ILUMINACIÓN EN BASE A NORMAS TÉCNICAS  
PARA MEJORAR LA EFICIENCIA Y EFICACIA LUMINOSAS EN UNA PLANTA  
INDUSTRIAL ”

### **TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

Autor:

Arteaga Esquivel, Xonis Paul

Asesor:

Ing .Walter Castro Anticona

Línea de Investigación:

Generación, transmisión y distribución de energía

Trujillo – Perú

(2018)

## **PAGINA DEL JURADO**

### **TITULO DE TESIS**

“SISTEMA AUTOMÁTICO DE ILUMINACIÓN EN BASE A NORMAS TÉCNICAS  
PARA MEJORAR LA EFICIENCIA Y EFICACIA LUMINOSAS EN UNA PLANTA  
INDUSTRIAL”

---

ARTEAGA ESQUIVEL, XONIS PAUL

---

Mg. Walter Castro Anticona

Presentada a la Escuela Académico Profesional de ingeniería mecánica eléctrica de la  
Universidad César Vallejo para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista

Aprobado por:

---

Mg. Alex Tejeda Ponce

---

Mg. Walter Castro Anticona

---

Dr. Jorge Eduardo Lujan López

## **DEDICATORIA**

Agradezco a dios por haber cumplido un sueño y darme la fuerza necesaria en seguir adelante en mis estudios a pesar de las dificultades y nunca perder la fe

Mis padres por darme la fuerza necesaria y la fuerza moral en seguir este camino duro pero agradezco por la enseñanza en lograr mi carrera y también a mi familia en general por su apoyo

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la empresa Creditex por darme la confianza en poder darme la información necesaria para poder culminar con mi tesis ah tiempo.

El Ingeniero Walter Castro, por su paciencia y apoyo en el desarrollo del presente trabajo, quién con su amplio conocimiento en el tema de estudio colaboro siendo mi asesor en el desarrollo del presente trabajo.

A mis compañeros y amigos quienes sin esperar nada a cambio compartieron sus conocimientos, alegrías y tristezas, y a todas aquellas personas que durante todos estos años.

En especial a mi familia, por brindarme siempre su apoyo, con sus palabras de aliento perseveré para que este sueño se haga realidad.

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Arteaga Esquivel, Xonis Paul, con DNI 43134791, a efectos de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Así mismo declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto en los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, Junio 2018

---

Arteaga Esquivel, Xonis Paul

## **PRESENTACIÓN**

Trujillo, julio del 2018

Señores Miembros del Jurado:

En cumpliendo del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, presento ante ustedes la Tesis titulada “SISTEMA AUTOMÁTICO DE ILUMINACIÓN EN BASE A NORMAS TÉCNICAS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA Y EFICACIA LUMINOSAS EN UNA PLANTA INDUSTRIAL”

En el capítulo I, se presenta la realidad problemática y la teoría relacionada de acuerdo a la tesis

En el capítulo II, contiene las variables y métodos para poder realizar la tesis

En el capítulo III, consta de resultados económicos y financieros y mejora de energía para la empresa

## ÍNDICE

TITULO DE TESIS .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD .....	v
PRESENTACIÓN .....	vi
ÍNDICE .....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	9
ÍNDICE DE FIGURAS .....	10
RESUMEN .....	12
ABSTRACT .....	13
1. INTRODUCCIÓN .....	15
1.1 Realidad Problemática.....	15
1.2 Trabajos Previos .....	17
1.3 Teorías relacionadas al tema .....	20
1.3.1 La Luz .....	21
1.3.2 Propiedades ópticas de los materiales .....	23
1.3.2.2 Refracción .....	24
1.3.2.3 Transmisión .....	24
1.3.2.4 Absorción .....	24
1.3.2.5 Principales magnitudes.....	25
1.3.2.6 Flujo luminoso, (potencia luminosa o lm).....	25
1.3.2.8 Intensidad luminosa, (cd).....	26
1.3.2.9 Iluminancia (lux).....	27
1.3.2.10. Luminancia, L (cd / m <sup>2</sup> ).....	28
1.3.2.11 Sensibilidad del ojo.....	29
1.3.3. Fuentes luminosas.....	29
1.3.5. Consideraciones sobre la elección de lámparas y luminarias.....	35
1.3.6. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación. CTE HE 3 .....	42
1.3.7 Fundamentos de control automático.....	54
1.3.8 Sistemas de control de bucle .....	57
1.3.9 Dimensionamiento de conductores eléctricos de circuitos monofásicos.....	57

1.4	Formulación del problema .....	59
1.5.	Justificación del estudio .....	59
1.6	Hipótesis.....	60
1.7.	Objetivos. ....	60
1.7.1.	Objetivo general.....	60
II.	MÉTODO .....	62
2.1.	Diseño de investigación .....	62
2.2	Variables, Operacionalización.....	63
2.3	Población y muestra .....	64
2.3.1	Población: .....	64
2.3.2	Muestra:.....	64
2.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	64
2.5	Métodos de análisis de datos .....	65
2.6	Aspectos éticos .....	65
III.	RESULTADOS .....	67
3.1	Análisis del sistema actual de iluminación eléctrica de Hall nr. 4 de Creditex en base a normas técnicas. ....	67
3.2	<b>Análisis financiero .....</b>	<b>93</b>
IV.	DISCUSIÓN .....	97
V.	CONCLUSIÓN .....	99
VI.	RECOMENDACIONES .....	101
VII.	REFERENCIAS .....	102
	ANEXOS.....	107

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valores del flujo luminoso .....	26
Tabla 2: Niveles de iluminación recomendados en función de la actividad desarrollada... 28	
Tabla 3: Orientativa de consumos. ....	29
Tabla 4: Relación entre: Potencias / Flujos / Eficacia. ....	30
Tabla 5. Relación entre: Vida útil / Perdida de flujo / Luminancia.....	31
Tabla 6. Relación entre: Color / Temperatura de color / .....	32
Tabla 7. Relación entre: Periodo calentamiento / Intensidad en el arranque/ reencendido en caliente.....	32
Tabla 8. Relación entre: Formas / Posición de funcionamiento / utilización .....	33
Tabla 9.: Tabla resumen de características y comparaciones.....	34
Tabla 10. Tipo de lámparas y luminarias .....	36
Tabla 11. Factores de reflexión de los cerramientos .....	38
Tabla 12.: Factor de utilización .....	39
Tabla 13. Parámetros de operación en líneas de alimentación a Lámparas de Hall nr. 4 – Creditex SAC.....	72
Tabla 14. Valores de reflectancia en paredes y techos .....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tubos fluorescentes .....	48
Figura 2. Esquema eléctrico de conexión de lámpara fluorescente .....	49
Figura 3. Conexión de tubo fluorescente para evitar el efecto estroboscópico. ....	50
Figura 4. Variación de parámetros en un control on off.....	51
Figura 5. Control on off de luminarias con relays.....	52
Figura 6. Control on off de luminarias con sensores de luminosidad .....	53
Figura 7. Control Automático de nivel sencillo.....	56
Figura 8. Esquema conceptual de control PID.....	57
Figura 9. Variables del proceso de estudio.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 10.: Diagrama unifilar sistema eléctrico iluminación con lámparas fluorescentes y balasto inductivo hall industrial Creditex SAA .....	67
Figura 11. Instalación standard de una lámpara fluorescente tubular recta .....	68
Figura 12.: Triángulo de potencias en bornes de luminarias de Hall nr.4 Creditex .....	69
Figura 13.: Unifilar actual de alimentación de luminarias fluorescentes en Hall nr. 4 Creditex .....	69
Figura 14. Instalación de lámpara LED .....	73
Figura 15. Distribución de fluorescentes LED en Hall nr. 4 Creditex .....	81
Figura 16.: Bucle de control automático de iluminación Hall nr. 4 de Creditex.....	83
Figura 17. Dimensiones de controlador Dali de luz. Fuente:.....	89
Figura 18. Longitud de onda Fuente:.....	107
Figura 19.: Clasificación del espectro visible. El espectro electromagnético .....	107
Figura 20. Distribución espectral de la luz del día normal .....	108
Figura 21. Curva de sensibilidad del ojo a las radiaciones monocromáticas .....	108
Figura 22. Contraste de colores.....	109
Figura 23. Adaptación de la luz .....	109
Figura 24. Deslumbramiento en función del ángulo $q$ .....	110
Figura 25 Superficies que reflejan la luz.....	110
Figura 26. Componentes del espectro.....	111
Figura 27. Tipos de reflexión.....	112
Figura 28. Magnitudes de la luz.....	112
Figura 29. Gráfica del flujo luminoso .....	113
Figura 30. Esfera de Ulbricht .....	124
Figura 31. Clasificación del flujo luminoso.....	113
Figura 32. Gráfica del rendimiento luminoso .....	113
Figura 33. Diferencia entre flujo e intensidad luminosa .....	114
Figura 34. Gráfica de intensidad luminosa.....	114
Figura 35. Curvas fotométricas de lámpara incandescente y fluorescente .....	114
Figura 36. Vistas isométricas (CO-C180 plano/ C90-C270 plano) .....	115
Figura 37. Vistas isométricas (CO-C90-c180 plano).....	115
Figura 38. Curvas de distribución.....	116
Figura 39. Curvas de distribución simétrica y asimétrica.....	117

Figura 40. Curvas de distribución simétrica .....	117
Figura 41. Curvas fotométricas de diferentes luminarias.....	119
Figura 42. Curvas isocandelas .....	119
Figura 43. Proyecciones de iluminación.....	120
Figura 44. Haz de intensidad luminosa en superficie perpendicular .....	120
Figura 45. Curvas isolux .....	120
Figura 46. Representación del nivel de iluminación .....	121
Figura 47. Valores de la curva isolux .....	121
Figura 48. Fluxómetro.....	122
Figura 49. Incidencia de la luminancia .....	122
Figura 50. Incidencia de ángulos de luminancia .....	123
Figura 51. Luminancia en superficies no perpendiculares. ....	123
Figura 52. Luminancímetro.....	123
Figura 53. Curvas de isoluminancias.....	124
Figura 54. Valores de luminancia en fuentes de luz.....	124
Figura 55. Curva de sensibilidad del ojo .....	125
Figura 56. Curva de distribución luminosa.....	125
Figura 57: Valores de luminancia en fuentes de luz.....	125
Figura 58: Valores de luminancia en fuentes de luz.....	126
Figura 59: Relación entre: Potencias / Flujos / Eficacia. ....	127
Figura 60. Índice de Deslumbramiento Unificado.....	127
Figura 61. Proceso de cálculo .....	128
Figura 62. Dimensiones del local.....	128
Figura 63. Plano de luminarias .....	129
Figura 64. Altura de las luminarias según local.....	129
Figura 65. Índice del local.....	129
Figura 66. Factor de utilización.....	130

## RESUMEN

Se presenta el trabajo de investigación de SISTEMA AUTOMÁTICO DE ILUMINACIÓN EN BASE A NORMAS TÉCNICAS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA Y EFICACIA LUMINOSAS EN UNA PLANTA INDUSTRIAL, cuyo objetivo principal es el de determinar su viabilidad técnica y económica.

Se realiza el análisis del sistema actual, equipado con luminarias fluorescentes de vapor de mercurio, resultando que solamente se tiene entre 300 lux por zonas de operación y de 600 lux en zonas cercanas a la entrada al hall industrial, siendo menor a los valores de las normas, de 750 lux.

Se establece que la potencia eléctrica demandada por las luminarias actuales, es de 72 kW, siendo un importante factor de costo, pues las mismas están encendidas prácticamente todo el tiempo.

Se establece que es conveniente realizar el cambio de las actuales luminarias, por lámparas fluorescentes LED, de mayor eficacia luminosa, de 142.23 lumen/w, contra 69.45 lumen/w que tienen los actuales fluorescentes.

Se hizo el análisis de control automático, resultando que es posible implementar un sistema de control on off a las 122 lámparas que están cerca a las ventanas.

En análisis económico financiero indica que es necesario invertir aproximadamente 101,000 soles para la mejora en iluminación, con lo cual se obtendrá un beneficio económico de poco más de 55000 soles por año.

El análisis financiero da interesantes indicadores: VAN = 179546.75 soles, TIR igual a 61%, mayor a la tasa de interés, que es de 19% y la recuperación de la inversión se hará en 11 y 8 días

Se concluye que es recomendable implementar el presente estudio

Palabras claves: Automático, Iluminación, Eficiencia e Industrial

## ABSTRACT

We present the research work of AUTOMATIC LIGHTING SYSTEM BASED ON TECHNICAL STANDARDS TO IMPROVE THE LUMINOUS EFFICIENCY AND EFFICACY IN AN INDUSTRIAL PLANT, whose main objective is to determine its technical and economic viability.

The analysis of the current system, equipped with fluorescent mercury vapor luminaires, is performed, resulting in only 300 lux operating zones and 600 lux in areas near the entrance to the industrial hall, being less than the values of the standards, 750 lux.

It is established that the electric power demanded by the current luminaires is 72 kw, being an important factor of cost, since they are lit almost all the time.

It is established that it is convenient to make the change of the current luminaires, by fluorescent lamps LED, of greater luminous efficiency, of 142.23 lumen / w, against 69.45 lumen / w that have the current fluorescent.

The automatic control analysis was made, resulting that it is possible to implement a control system on off to the 116 lamps that are close to the windows.

In financial economic analysis indicates that it is necessary to invest approximately 149,000 soles for the improvement in lighting, which will obtain an economic benefit of little more than 55,000 soles per year.

The financial analysis gives interesting indicators: NPV = 179546.75 soles, IRR equal to 61%, higher than the interest rate, which is 19% and the recovery of the investment will be made in two years.

It is concluded that it is advisable to implement the present study.

Keywords : Automatic , Lighting , Efficiency and Industrial

# Capítulo 1: Introducción

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Realidad Problemática

Urraca (2011) refiere que “la encargada de aplicar lo concerniente al control y manejo de la luz es la ciencia de la luminotecnia”, se ocupa en principal de los elementos que convierten todo tipo de energía transformándola en luz, como son las lámparas y luminarias” (p. 45). La iluminación actualmente tiene un fundamento por completo en fuentes de luz eléctricas: luminarias de diverso tipo: con filamento, de descarga y fluorescentes.

Las edificaciones reciben su iluminación de acuerdo a los niveles de la luz diurna, existe también la luminosidad focalizada con mayor nivel para tareas de cierta complejidad. La iluminación artificial tiene dos propósitos fundamentales: asegurar la visibilidad en un ambiente natural, y crear efectos visibles, en ese sentido la luminotecnia se caracteriza por inventar fuentes de luz de mayor potencia luminosa y eficiencia, pero también que deben ser no solo atractivas sino también eficaces y placenteras en términos de vista y fatiga ocular. (Fernández, Luminotecnia, 2002)

Según Fernández (2003) es del “se dice que una gran cantidad del calor se producirá una cantidad grande de luz es así que es ignorado produciendo malestar, puede aprovecharse en climatizar el edificio” (p. 82). Para laborar con la luz, se debe tener conocimiento del lenguaje técnico y los criterios de medida y valoración de la luz, pormenores sobre la naturaleza intrínseca de la luz: forma, color, densidad y potencia, intensidad luminosa, flujo luminoso, iluminancia, radiancia, luminancia, también transmisión, reflexión, refracción, absorción etc.

Estudios sobre la salud y comportamiento de las personas, concluyen que la luz favorece la salud y motivan a las personas. La iluminación correcta incrementa el bienestar, la motivación para trabajar y los resultados de la gente, las conclusiones de estos estudios se aplican con mayor fuerza en el ambiente laboral. La automatización de los recintos laborales, para obtener un medio ambiente luminoso óptimo en la oficina y en las áreas de trabajo, proporciona bienestar y mayor motivación a los empleados, pues se mantiene el grado de luminosidad, en lux casi constante. Las inversiones en mejoras de iluminación y gestión de espacios de trabajo, no son inversiones en el edificio sino inversiones en el bienestar de las personas. En la oficina, los costos de personal bordean

casi el 80%, los equipos y comunicaciones el 12% y el resto, de 8%, costos del local. La automatización de los recintos representaría un 3%. (Urraca, 2011)

Al crear condiciones óptimas de trabajo aumenta el rendimiento y mejora la salud de los trabajadores; reduce los costes de personal, aumenta la productividad en el trabajo. Un sistema automático de iluminación no solo conecta el alumbrado al detectar personas o al reducirse el nivel de iluminación. Al automatizar la iluminación se incluye un programa de luz dinámica, para cambiar de intensidad y de color a medida que pasan las horas y de obtener niveles de iluminancia especialmente elevados, utilizando la luz natural disponible y eliminando factores de perturbación debidos a las condiciones cambiantes del exterior. (Fernández, 2002)

La luminotecnica también se aplica en la medicina, la luminoterapia, es en si lo que nos brinda unos resultados favorables, en imágenes degradantes estacionales, en patologías derivadas en turnos rotativos, o de trastornos derivados de vuelos largos, trastornos del sueño, estados de ansiedad y otros. Se basa en exponer a una luz blanca brillante con intensidad de 10.000 lux o más por 30 minutos dos veces a la semana. Esta luz no tiene rayos ultravioletas (430 -700 nm) ni campos electromagnéticos, ni efecto estroboscópico. (Kontz, 2011)

En muchos centros industriales del Perú, la iluminación de los ambientes laborales, tanto en las oficinas administrativas, como en las naves industriales, se realiza en base a criterios de arquitectura, decorativos, muy poco en base a criterios de ingeniería, respetando las normas técnicas respectivas. Se obtiene demasiada iluminación o poca iluminación, no se prepara la ingeniería de iluminación, reflejada en un expediente técnico. El resultado es que la iluminación es deficiente, pues se consume demasiada energía eléctrica, sin lograr adecuados niveles de iluminación. (Jiménez, 2004)

Por lo expuesto, se propone el presente estudio que busca establecer una metodología adecuada, respetando las normas técnicas específicas peruanas; es decir, establecer un modelo de expediente técnico en base a cálculos de ingeniería de iluminación para obtener un sistema manual o automático, eficiente y eficaz, asegurando el bienestar de los trabajadores y la productividad laboral.

El estudio se hará en la nave industrial de la empresa trujillana Creditex anteriormente llamada TRUTEX, por la facilidad para el ingreso, la amplitud y diversidad de observaciones en cuanto a iluminación que se pueden encontrar.

## 1.2 Trabajos Previos

**Título:** “Determinación de la iluminancia media y depreciación de instalaciones de alumbrado urbano mediante registro móvil de datos”

**Autor:** Ing. Héctor Ignacio Gagliardi

**Universidad** nacional de Tucumán Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología

Departamento de Luminotecnia, Luz y Visión "Ing. Herberto C. Bühler"

Tesis de Magíster en Luminotecnia

San Miguel de Tucumán, 2006 República Argentina

### DETERMINACIÓN DE LA ILUMINANCIA MEDIA Y DEPRECIACIÓN DE INSTALACIONES DE ALUMBRADO URBANO MEDIANTE REGISTROMÓVIL DE DATOS

El sistema de medición diseñado responde una nueva metodología de seguimiento y control basado en la evaluación del estado de depreciación de las instalaciones.

Esta metodología de control define al factor FM como parámetro de medición y evaluación de la depreciación existente en una instalación.

El Factor de Mantenimiento relaciona las condiciones iniciales y actuales de una instalación permitiendo estimar la reducción gradual de las condiciones de iluminación por efecto de la depreciación.

Dentro de los aspectos específicos de una instalación de alumbrado urbano, una de las principales problemáticas que enfrenta reside en su característica de exposición constante al medio ambiente que determina una pérdida de eficacia a través del tiempo por causa de la polución ambiental. Las referidas a su funcionamiento, toman en cuenta el envejecimiento propio de los materiales y las fallas aleatorias de sus componentes.

Si a esta problemática se suma la falta de mantenimiento, se obtiene como consecuencia un efecto contraproducente sobre la seguridad y la imagen de una ciudad,

se corre el riesgo además de un aumento de la tasa accidentes nocturnos y se incurre en costos energéticos indirectos adicionales.

En el alumbrado urbano, gestionado por entidades públicas y sometidas a condiciones de servicio, esta problemática puede ser especialmente grave.

Cuando el servicio es responsabilidad de empresas del sector privado, los organismos de control pertinentes precisan herramientas confiables para evaluar el desempeño de las mismas y asegurar el cumplimiento de las pautas establecidas en los contratos.

Cuando el mantenimiento de las instalaciones es concedido a una empresa privada, la calidad del servicio establecida en los contratos se basa generalmente en mantener la tasa de averías por encima de un valor predeterminado y en tiempos mínimos de reparación por punto de luz. Esta metodología de control utiliza el factor referido al porcentaje de averías permanente para evaluar del estado de funcionamiento de una instalación.

La reiteración de las mediciones a lo largo del tiempo permite confeccionar una base de datos permanentemente actualizada. El procesamiento de esta información a través de gráficos y mapas lumínicos, permiten evaluar y controlar el grado de depreciación de las instalaciones.

El sistema de medición diseñado es capaz de registrar en modo continuo en niveles de iluminancia existentes debido al tránsito de una ciudad o municipio en un corto período de tiempo. Una ciudad con 20.000 puntos de luz podría ser relevada en forma completa en el término de dos o tres días, estableciendo una estimación precisa sobre el estado de depreciación en sus instalaciones.

**Título:** “Manual de procedimientos para la ingeniería de iluminación de interiores y áreas deportivas”

**Universidad:** Simón Bolívar. Coordinación de ingeniería eléctrica.

**Autor:** Carlos Marino Rizzolo Roustaiyan

Sustentado en la Ilustre Universidad Simón Bolívar, siendo condición para optar al título de ingeniero electricista Sartenejas, Febrero 20007

En la actualidad las grandes organizaciones se ven en la necesidad de controlar sus actividades mediante el desarrollo de una manual en donde los principales procedimientos de cada área de la empresa, es en donde se favorece los procesos que nos sirven en la elaboración de un procedimiento global.

El objetivo principal de la presente investigación es la construcción de procedimientos para la iluminación tanto de interiores como de exteriores de un local deportivo.

Este procedimiento se debe tener en cuenta criterios de iluminación de equipos para la mejora .

Para el caso de iluminación se debe tener en cuenta cuadro comparativos de iluminación un antes y un después par a si poder tener en cuenta el nivel de iluminación para ciertos ambientes

La luminotecnia presenta las siguientes aplicaciones y también las herramientas para la ingeniería :

- Permite el control y ejecución de ingeniería para la iluminación
- Sirve como guía a los departamentos como preparación y clasificación de iluminación
- Sistematiza la iniciación, desarrollo y finalización de los procesos que tienen que llevarse a cabo.

**Título:** “Diseño de iluminación inteligente para un inmueble de oficinas”

Instituto Politécnico Nacional

Escuela superior de ingeniería mecánica y eléctrica

Tesis que para obtener el título de ingeniero electricista

**Autor:** Oyamel Magdiel Castro Silva

México, d. F. Agosto de 2009

Hablar de iluminación inteligente es hablar de administración de energía o mejor dicho una distribución de energía por medio de micro controladores programables que hoy en día existen en el mercado, ya que con su nueva tecnología se obtiene mayor eficiencia q permite a las empresas implementar por sus costos menores y favorable.

Dado que la carga de mayor uso en la instalación eléctrica de un edificio es el equipo de iluminación, y con los resultados experimentales realizados con “eventos” simulados, se aprecia que:

- Toda la carga del experimento se presenta un con optimo control, puesto que los tableros controladores han sido programados para dicha carga, logrando así una óptima distribución de energía.
- El conjunto de lámparas ahorradoras y sensores de presencia provocan una disminución de energía en el total de electricidad
- Los microcontroladores, pueden controlar fácilmente toda la carga mediante su software especializado, pero para obtener una administración más óptima, se emplean los sensores de presencia los cuales son totalmente compatibles y ayudan a incrementan el uso eficiente de la energía consumida por el sistema de iluminación.
- Los microcontroladores pueden ser modificados en última instancia de manera sencilla, sin tener que volver a programar o configurar la carga.
- En promedio se logró un ahorro de 30% de aprovechamiento de energía eléctrica consumida por el sistema de iluminación.

Como se ha descrito, este estudio prometió, donde se resalta que la mayor parte del equipo es controlado por los microcontroladores que ayudan a la distribución de energía eléctrica para el funcionamiento del sistema de iluminación un inmueble de oficinas obteniendo así la administración deseada de la energía.

Con relación a la evaluación de costos y retorno de la inversión, de acuerdo a la valoración de proyectos se comenta por parte de financieros y economistas que aquella inversión de un proyecto determinado que se puede amortizar en menos de cinco años es recomendable efectuar dicho proyecto. En este caso como el retorno de la inversión es de tres años, 7 meses que equivale a la amortización de la inversión inicial, esto implica que es factible realizar este tipo de proyectos en los sistemas de iluminación para inmuebles de oficinas.

### **1.3 Teorías relacionadas al tema**

Kontz (2011) manifiesta que la luminotecnica es cuando se practica el análisis de la luz y el derivado de sus colores en donde se logra el efecto de laminación que es una tarea que se desarrolla en el deslumbramiento.

### 1.3.1 La Luz

#### 1.3.1.1 Características de las ondas.

Cuando existen diferentes oscilaciones en campos eléctricos y los magnéticos sin precisar algún medio natural se produce la luz la misma que vienen a ser ondas electromagnéticas. En donde la luz es propagada en un régimen de intervalos regulares en el tiempo siendo así de valor nulo y a continuación se presentan las distintas características (Jiménez, 2004):

- Longitud de señal (L)
- Frecuencia (f)
- Velocidad de difusión (v)
- Longitud onda ( $\lambda$ )

La parte donde se logra clasificar a los distintos espectros de la radiación visible son las distintas ondas recorridas en un periodo. (Figura 1)

$$\lambda = v \text{ (velocidad = } 3.108 \text{ m/seg)} \times (\eta\text{m}) \quad \text{Ecuación 1: Longitud de Onda}$$

#### Frecuencia (f)

La frecuencia se mide en unidad del tiempo y se encuentra en función con la rapidez de transmisión de la onda en el medio (vacío) e inversa con la longitud de onda. (Jiménez, 2004)

$$T = \frac{1}{f} \text{ (seg)}$$

Ecuación 2: Período de una onda

$$f = \frac{\bar{v}}{\text{hz}} \text{ (H)}$$

Ecuación 3: Frecuencia

#### Velocidad de propagación (v)

Está en función del elemento de onda y de las peculiaridades del medio. En un medio homogéneo e isotrópico, la rapidez de transmisión es igual en todas direcciones. (Jiménez, 2004)

$$v = \frac{h}{[m/seg]}$$

Ecuación 4: Velocidad de propagación

### **1.3.1.2 Naturaleza de la luz**

Se muestra en representación de la radiación electromagnética afectando a la vista en donde se transmite a través del espacio apropiándose del nombre de radiación. (Figura 2)

Las partes que forman el espectro electromagnético están comprendidas en tipos de ondas tal que los rayos cósmicos, gamma y otras son comprendidos en intervalos definidos de magnitud en donde se presentan características de onda o de frecuencia. (Fernández, 2003)

### **1.3.1.3 Producción de la luz**

Se produce cuando emite luz hasta alcanzar su grado a electrodos ubicados en el núcleo de un gas o vapor metálico. (Kontz, 2011)

### **1.3.1.4 Transmisión de la luz**

Se lleva a cabo a lo largo del espacio a través de ondas, cuyo largo dentro del espectro visible se encuentra en el rango de 380 y 630 Nanómetros (1 Nanómetro =  $10^{-9}$  metros). Longitud de onda es el recorrido entre dos ondas consecutivas. La rapidez de transmisión de las ondas es de 300.000 kilómetros por segundo.

### **1.3.1.5 Percepción de la luz**

Según Fernández (2002) “la penetración de la luz es relativa, está en función de la constitución del ojo y de la percepción del color de cada persona” (p. 89). En la visión, el flujo de luz es un preponderante de esta manera:

- Visión fotópica
- Visión escotópica
- Visión mesiotópica

Disminuye la forma en que se percibe el color cuando reduce la cuantía de luz. (Figura 4). (Kontz, 2011)

### **1.3.1.6 Conceptos visuales**

De acuerdo a De la Cruz y Toledano (2012), son:

### **Acomodación**

Es la forma de adaptarse siendo así una capacidad del ojo para obtener la nitidez en imágenes y objetos. (ej.: recorrido focal).

Acomodación se dice que se pierde con el aumento de la edad siendo así la necesidad de poder conseguir una cantidad de luz para poder conseguir nitidez en las imágenes.

### **Contraste**

Las cosas se observan porque existen diferentes luminancias en los colores que muestran los diferentes componentes de su área donde aparece el objeto.

Siguientes:

Profundos niveles de luz.

Bajos niveles de iluminación. (Figura 5)

### **Adaptación**

Se contrae cuando la entrada de luz es escasa dilatándose para que así pueda entrar mayor proporción de luz. La adaptación completa se produce pasada una hora. (Figura 6)

### **Deslumbramiento**

Causa impaciencias y/o imposibilidad de diferenciar objetos consecuencia de los contrastes enormes en el área o en el tiempo.

Son directos, como consecuencia de fuentes lumínicas (focos, ventanas) o destellado por áreas de mucha reflectancia (sup. especulares). (Figura 7 y 8)

## **1.3.2 Propiedades ópticas de los materiales**

Schneider Electric (2008) manifiesta que “la luz al expandirse por un elemento halla otro en su recorrido y pasa por un conjunto de fenómenos” (p.64):

La luz puede experimentar los siguientes fenómenos:

### **1.3.2.1 Reflexión**

Es el resultado del contacto de una luz en el área plana de separación entre dos elementos disímiles (gases (atmósfera), líquidos o sólidos).

La relación entre la luz que es irradiada y la luz incidente se llama reflectancia del área. (Carpio y Coviello, 2012)

Los elementos de reflexión de los materiales son de gran importancia en los cálculos luminotécnicos. (Figura 9)

Tabla 1: Factores de reflexión para la luz

Superficie reflectora	% factor de reflexión
Plata brillante	92 - 97
Oro	60 - 92
Plata blanca (mate)	85 - 92
Níquel pulido	60 - 65
Cromo pulido	60 - 65
Aluminio pulido	67 - 72
Aluminio electroabrillantado	86 - 90
Aluminio vaporizado	90 - 95
Cobre	35 - 80
Hierro	50 - 55
Porcelana esmaltada	60 - 80
Espejos	80 - 85
Pintura blanca mate	70 - 80
Beige claro	70 - 80
Amarillo y crema claro	60 - 75
Techos acústicos	60 - 75
Verde muy claro	70 - 80
Verde claro y rosa	45 - 65
Azul claro	45 - 55
Gris claro	40 - 50
Rojo claro	30 - 50
Marrón claro	30 - 40
Beige oscuro	25 - 35
Marrón, verde y azul oscuros	5 - 20
Negro	3 - 4

### 1.3.2.2 Refracción

Según Philips Lighting (2009) es ocasionada debido a la desviación de la luz incidente, tomando otro camino, cuando pasa por un área que separa dos campos disímiles. (Adopta la ley de la refracción).

### 1.3.2.3 Transmisión

Para Schneider Electric (2008, p. 63) también se le conoce como doble refracción. La primera sucede debido a que el primer medio (aire) al segundo medio (vidrio) lo pasa y luego se refracta cuando realiza lo contrario (del vidrio al aire). Tipo de transmisión: (Figura 9)

- Transmisión regular
- Transmisión difusa
- Transmisión mixta

### 1.3.2.4 Absorción

Cuando la luz blanca incide en un objeto parte de ella es absorbida por la superficie una parte siendo la otra reflejada. Los principales componentes del

espectro son determinadas en los colores que vemos. Los objetos tienen un color que es determinado siendo el color rojo el que refleja y es absorbido por el resto de unidades de la luz blanca. (Schneider Electric, 2008)

### 1.3.2.5 Principales magnitudes

De acuerdo a Carpio y Coviello (2012) las magnitudes son las siguientes

- Flujo luminoso ( $\Phi$ , lm)
- Intensidad luminosa ( $I$ , cd)
- Iluminancia ( $E$ , lm/m<sup>2</sup>) La luminosidad que se observa:

Se advierte que ni toda la energía se vuelve luz visible, ni luz total reflejada alcanza el órgano visual y conduce a una impresión brillante. (Figura 11)

### 1.3.2.6 Flujo luminoso, (potencia luminosa o lm)

Viene a ser la cuantía irradiada de luz brindada por una fuente, ubicada en el espectro visible, en un determinado período de tiempo (1 seg.) y en diversas orientaciones. (Carpio y Coviello, 2012)

La unidad del flujo luminoso ( $\Phi$ ) es el lumen (lm) (Figura 12) (Jiménez, 2004)

### 1.3.2.7 Rendimiento luminoso, (Eficiencia luminosa), $\eta$ , $s$ (lm/w)

Según Rodríguez (2012, p. 90) el consumo de luz de una lámpara, no es total en su transformación visible, el porcentaje se va en estado de calor o de radiación no visible (infrarrojo IR o ultravioleta UV), etc. (Figura 15)

Está representada por  $\eta$ ,  $s$  y su base es el lm/w. La eficiencia luminosa se expresa así:

$$\eta, s = \frac{\Phi}{P} \left( \frac{lm}{w} \right)$$

(Ecuación 7: eficiencia luminosa)

Tipo de fuente luminosa	Potencia (W)	Flujo Luminoso (lm)	Eficacia luminosa (lm/W)
Lámpara Fluorescente	7	400	57.10
Compacta	9	600	66.70
Lámpara Fluorescente tubular	20	1030	51.50
	40	2600	65.00
	65	4100	63.00
Lámpara de Vapor de Mercurio	250	13500	54.00
	400	23000	57.50
	700	42000	60.00
Lámpara de Mercurio Halogenado	250	18000	72.00
	400	24000	67.00
	100	90000	90.00
Lámpara de Sodio Alta Presión	250	25000	100.00
	400	47000	118.00
	1000	120000	120.00
Lámpara de Sodio a Baja Presión	55	8000	145.00
	135	22500	167.00
	180	33000	180.00
Lámparas Led	1.3	50	38.46
	5	250	50.00
	9	550	61.11
	18	1600	88.89
	30	2600	86.67

Tabla 1: valores del flujo luminoso Fuente: Bibliografía #18

### 1.3.2.8 Intensidad luminosa, (cd)

Para Fernández (2003, p. 65) Es la fuente es la fuente de luz que emite a cierta area de trabajo para tener mayor iluminacion en diferente direcciones (Figura 16 y 17)

Símbolo: I; Unidad: Candela (cd)

**Sólido Fotométrico.** Carácter vectorial del ímpetu lumínico de la luz (Figura 18)

**Curvas fotométricas (curvas de distribución luminosa)**

Las curvas fotométricas son proporcionadas a un flujo luminoso el cual emite a 1000 lm y en una situación más generalizada consiste en la emisión de un flujo por la fuente de luz. (Figura 19)

De acuerdo a Urraca (2011, p. 121) cuando se instala una lámpara tiene las siguientes curvas de distribución diferentes. (figuras 20 y 21)

Curvas fotométricas: Distribución simétrica (Figura 22)

- simetría esférica.
- simetría rotacional.
- simetría plana.
- simetría.

Mayormente las luces poseen un plano de simetría, desarrollándose solamente en una semiesfera (Figura 25)

**1.3.2.9 Iluminancia (lux)**

La iluminancia de una superficie es definida como la correspondencia debido al flujo lumínico ( $\Phi$ ) que emite una irradiación de luz, siendo percibido por la superficie. El lux es su unidad. (Kontz, 2011)

Ecuación de lux

$$E = \frac{\Phi}{S} \left( 1 \text{ lux} = \frac{1 \text{ lm}}{1 \text{ m}^2} \right)$$

(Ecuación 8: la iluminancia)

- Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de alumbrado exterior. (Figura 26)

La Iluminancia (E) se administra por medio de la ley inversa de los cuadrados relacionando la Intensidad luminosa (I) y el recorrido del origen de la luz. (Figura 27)

$$E = \frac{1}{d^2} (\text{Lux})$$

(Ecuación 9: iluminancia)

Para superficies perpendiculares a I: (Figura 28)

Cantidades de las curvas a otro recorrido y a otra fuente luminosa:  
(Kontz, 2011)

Tabla 2: Niveles de iluminación recomendados en función de la actividad desarrollada.

ACTIVIDAD	NIVELES DE ILUMINACIÓN (LUX)			TONOS DE LUZ RECOMENDADOS			ACTIVIDAD	NIVELES DE ILUMINACIÓN (LUX)			TONOS DE LUZ RECOMENDADOS			ACTIVIDAD	NIVELES DE ILUMINACIÓN (LUX)			TONOS DE LUZ RECOMENDADOS		
	MÍNIMO	BUENO	MUY BUENO	LUZ FRÍA	BLANCO	BLANCO CÁLIDO		MÍNIMO	BUENO	MUY BUENO	LUZ FRÍA	BLANCO	BLANCO CÁLIDO		MÍNIMO	BUENO	MUY BUENO	LUZ FRÍA	BLANCO	BLANCO CÁLIDO
<b>ASCENSORES</b>							<b>LOCALES INDUSTRIALES</b>													
Interior	300	500	700				Comunes a todas las categorías							Industrias Químicas	200	300	600			
Relleno	50	100	200				Alumbrado general	100	200	400				Delante de los aparatos con: molinos	200	300	600			
<b>EDIFICIOS AGRÍCOLAS</b>							Depósitos	50	200	400				Moldo, mezclado, filtrado	200	300	600			
Garajes, cocheras: Alumbrado general	50	100	200				Estalaje	100	200	400				Sobre el plano de la mesa	300	600	1200			
Reparaciones	200	300	500				Entrada, pasillos, escaleras	100	200	500				Sobre mesas y pupitres	200	300	600			
Generos, almacenes general	50	150	300				Instrumentos de medida y control	300	500	1000				Sobre niveles, mandos	300	600	1000			
Gallineros, potquerías y conejeros	50	150	300				Oficinas de dibujo: Alumbrado general	100	200	500				Industrias Textiles						
Preparación de los alimentos al ganado	100	200	400				Sobre las mesas de dibujo	700	1000	2000				Alumbrado localizado	1000	2000	3000			
<b>ENSEÑANZA</b>							Industrias básicas: Forja, laminación	200	400	600				Comparación de colores	700	1000	2500			
Dibujo de arte, industrial y cultura	500	700	1000				Industrias gran precisión	1000	2500	6000				Control final	500	700	1200			
Gimnasios	150	300	500				Industrias de precisión: Ajuste, pulido	600	1000	2000				Preparación: Mezcla, varado, estirado	150	300	600			
Pizarras	300	600	700				Industrias muy bajas	70	80	150				Talleres de corte	300	500	1000			
Salas de clases y laboratorios	200	600	1000				Industrias ordinarias: Taladros, tornado	300	600	800				Trabajos sobre el bastidor	300	500	1000			
Salas de conferencias	200	600	1000				Imprenta y Artes Gráficas							Industrias Del Transporte						
Vestibulos, habitaciones de paso	150	600	700				Gulilines y apilador ores	300	500	1000				Estación de Ferrocarril						
Vestibulos, lavabos, lavaderos	50	100	250				Máquinas de composición mecánicas	300	500	1000				Sala de espera	100	200	400			
<b>GARAJES</b>							Máquinas salida de las hojas	300	500	1000				Estaciones de Servicio						
Parkings	100	150	300				Máquinas para lavar telas	300	500	1000				Lavado y reparaciones	200	300	500			
Reparaciones	200	300	500				Mesas de arreglo, composición	700	1000	2000				Pafios y accesorios	150	200	500			
<b>HABITACIONES</b>							Industrias Alimenticias							Substancias	200	300	600			
Cuartos de baño: Alumbrado general	50	100	250				Engrillado, cambio de cajas	300	500	1000				Garajes de Automóviles						
Español	200	500	1000				Ensayado	150	200	400				Lavado, engrase, cuidado tan general	100	150	300			
Cocinas	150	300	600				Escogido	300	500	1000				Reparaciones	200	300	500			
Cuartos de estar: Alumbrado general	70	200	400				Estalaje	300	500	1000				Hangares de Aviones						
Lecturas	200	500	700				Fábricas: Cámara frigorífica	50	100	200				Alumbrado general	200	300	600			
Cuartos de niños	70	200	400				Salas de máquinas	150	200	400				Entrenamiento y reparaciones	300	500	1000			
Dormitorios: Alumbrado general	50	100	250				Laboratorio	300	500	1000				Muestras Marítimas						
Ceinas	200	500	800				Preparación de pastas, llenado de lats	250	400	600				Mercancías	50	100	200			
Escuelas	100	150	300				Tratamiento de subproductos	150	200	400				Viajeros	100	200	400			
Trabajo de escuelas en casa	300	500	750				Industrias Metalúrgicas							Venta de Billetes						
<b>HOSPITALES Y CLINICAS</b>							Alumbrado localizado en los moldes	500	700	1200				Alumbrado general	100	150	300			
Camas	100	200	400				Cabina de pulverización	700	1000	2500				Andenes de viajeros	100	200	400			
Habitaciones y salas: Alumbrado general	50	100	250				Laminado, cableado y teñido	200	300	600				Casilleros, Distribuidores y taquillas	300	500	1000			
Alumbrado de noche	10						Nave de guarnición de carrocerías	200	300	600				Salas de equipajes	100	150	300			
Sobre la cama, examen y lectura	300	500	750				Preparación de chapas, pinturas	300	500	1000				<b>OFICINAS Y ADMINISTRACIONES</b>						
Gabinetes dentales, sillón	700	2500	5000				Duplicación y mezcla de los colores	2000	3500	6000				Archivos	100	200	400			
Salas de espera	300	400	800				Pulido de pinturas, decoración, acabado	3000	4000	5000				Manejo de libros, macrografía	300	500	1000			
Laboratorios (Patología e información)	300	500	1000				Inspección: Detalles a verificar microscópicos	300	500	1000				Vestibulos, habitaciones de paso	150	300	700			
Mesas de operación	3000	5000	8000				Detalles a verificar mediano	300	500	1000				<b>TENDAS</b>						
Quidelines	300	500	1000				Detalles a verificar fino	1500	2500	4000				Grandes Superficies						
Salas de examen	300	500	1000				Rebarbado	200	300	600				Alumbrado general	300	500	1000			
Salas de recepción y espera	200	400	800				Talleres de montaje: Piezas muy pequeñas	1000	1500	3000				Escaparates sobre calle comercial	1000	3000	5000			
<b>CAFES Y RESTAURANTES</b>							Talleres de montaje de piezas pequeñas	200	300	600				Escaparates sobre calle no comercial	500	1000	2000			
Cocinas	200	400	700				Talleres: Modelado, embudición, lijado	200	300	600				Estandes de mercancías	100	200	400			
Comedores y salones	100	300	600				Trabajos de piezas medianas en banco	300	500	1000				Presentaciones, en escalas y vitrinas	1000	2000	3000			
Dormitorios: Alumbrado general	100	200	400				Trabajos de piezas pequeñas en banco	500	700	1200				Sobre los mostradores	200	300	500			
Ceinas	200	500	800				Trabajos muy fino en banco o máquina	1000	1500	3000				Alumbrado general	200	300	500			
Recepción: Alumbrado general	100	200	400										Sobre los mostradores	300	500	700				
Alumbrado localizado	300	500	750										Escaparates	500	1000	2000				

Fuente: Bibliografía #18

Los luxómetros tienen una célula fotoeléctrica que, al incidir la luz de la superficie computa con un miliamperímetro (forma analógicamente o digital), valorado verdaderamente en lux.

Para medir la iluminancia de una superficie se debe situar el luxómetro perpendicularmente a la fuente luminosa. (Fernández, 2002)

**1.3.2.10. Luminancia, L (cd / m2)**

Según Kontz (2011) la luminancia mide el brillo tanto de la fuente luminosa como el reflejado por la superficie u objeto iluminado. (Figura 31)

La penetración de la luz es realmente la penetración de las diferencias de focos (Figura 32)

### 1.3.2.11 Sensibilidad del ojo

Se demuestra mediante la experiencia que el ojo tiene sensibilidad de la energía existiendo una curva de sensibilidad en el ojo dando respuesta así a distintos recorridos diferentes mostrados así en la figura 37. (Rodríguez, 2012)

La cantidad máxima de perceptibilidad se halla a una distancia de onda de 550 nm (área amarillo verdoso)

### 1.3.3. Fuentes luminosas

#### 1.3.3.1 Lámpara led

Otorgan el ángulo de difusión de la luz: (Caminos, 2012)

- Los LED por lo general proporcionan luz en sentido unidireccional (focalizada).
- La lámpara dispone de una parte óptica.
- Se alcanzan ángulos de difusión de 120°.

#### Cuantificaciones elementales de los LED:

Los cuantificadores son proporcionados por lo general por los ejecutores NO son extrapolables al trabajo de los LED Parámetros que caracterizan la vida del LED:

#### Particularidades orientadoras de LED's:

#### Tabla orientadora de consumos aproximados y potencia luminosa

Valores en lúmenes (lm)	CONSUMO APROXIMADO EN WATTS (W) SEGÚN EL TIPO DE LÁMPARA			
	LEDs	Incandescentes	Halógenas	CFL y fluorescentes
50 / 80	1,3	10	---	---
110 / 220	3,5	15	10	5
250 / 440	5	25	20	7
550 / 650	9	40	35	9
650 / 800	11	60	50	11
800 / 1500	15	75	70	18
1600 / 1800	18	100	100	20
2500 / 2600	25	150	150	30
2600 / 2800	30	200	200	40

Tabla 3: orientativa de consumos. Fuente: Bibliografía #9

**TABLAS PARTICULARIDADES Y SEMEJANTES**

TIPO	FUENTES DE LUZ		
	POTENCIAS (W)	FLUJOS (lm)	EFICACIAS (lm/W)
INCANDESCENCIA	1 a 2.000	6 a 40.000	8 a 20
INCANDESCENCIA CON HALÓGENOS	3 a 10.000	36 a 220.000	18 a 22
FLUORESCENTES TUBULARES	4 a 215	1.000 a 15.500	40 a 93
FLUORESCENTES COMPACTAS	5 a 36	250 a 2.900	50 a 82
VAPOR DE MERCURIO	50 a 2.000	1.800 a 125.000	40 a 58
HALOGENUROS METÁLICOS	75 a 3.500	5.000 a 300.000	60 a 95
SODIO ALTA PRESIÓN	50 a 1.000	3.500 a 130.000	66 a 130
SODIO BAJA PRESIÓN	18 a 180	1.800 a 33.000	100 a 183

Tabla 4: Correspondencia entre: Potencias / Flujos / Eficacia.

Fuente: Bibliografía #26

FUENTES DE LUZ			
TIPO	VIDA ÚTIL (h)	PÉRDIDA FLUJO (%)	LUMINANCIA (cd/m <sup>2</sup> )
INCANDESCENCIA	1.000	20	claras $2 \times 10^6$ mates $2,5 \times 10^5$
INCANDESCENCIA CON HALÓGENOS	2.000	0	$2 \times 10^6$
FLUORESCENTES TUBULARES	12.000 <sup>(1)</sup>	25	$8 \times 10^3$
FLUORESCENTES COMPACTAS	10.000 <sup>(1)</sup>	25	$1 \times 10^4$
VAPOR DE MERCURIO	16.000 <sup>(1)</sup>	30	$1 \times 10^5$
HALOGENUROS METÁLICO	2.500 a 14.000 <sup>(1)</sup>	40	claras $8,5 \times 10^6$ difusas $1,5 \times 10^5$
SODIO ALTA PRESIÓN	16.000 <sup>(1)</sup>	40	claras $5 \times 10^6$ difusas $2,5 \times 10^5$
SODIO BAJA PRESIÓN	14.000 <sup>(1)</sup>	15	$1 \times 10^5$

<sup>(1)</sup> Encendidos de 10 horas.

Tabla 5. Correspondencia entre: Vida útil / Perdida de flujo / Luminancia

Fuente: Bibliografía #26

FUENTES DE LUZ			
TIPO	COLOR	TEMP DE COLOR (K)	RTO. EN COLOR
INCANDESCENCIA	Blanco cálido	2.600 a 2.800	100
INCANDESCENCIA CON HALÓGENOS	Blanco	3.000	100
FLUORESCENTES TUBULARES	Diferentes blancos	2.600 a 6.500 Tc (corr)	50 a 97
FLUORESCENTES COMPACTAS	Blanco cálido	2.700 Tc (corr)	80
VAPOR DE MERCURIO	Blanco	4.000 y 4.500 Tc (corr)	48 y 50
HALOGENUROS METÁLICOS	Blanco frío	4.800 a 6.500 Tc (corr)	67 a 95 (según potencia)
SODIO ALTA PRESIÓN	Blanco amarillento	2.100	25 Tc (corr)
SODIO BAJA PRESIÓN	Amarillo (monocromático)	1.800 Te (corr)	no aplicable

Tabla 6. Relación entre: Color / Temperatura de color /

Fuente: Bibliografía 26

TIPO	PERIODO DE CALENTAMIENTO	INTENSIDAD EN EL ARRANQUE $I_0$	REENCENDIDO EN CALIENTE
INCANDESCENCIA	Inmediato	$I_0 = 15 I_r$	Inmediato
INCANDESCENCIA CON HALÓGENOS	Inmediato	$I_0 = 15 I_r$	Inmediato
FLUORESCENTES TUBULARES	2 o 3 s	$I_0 = 2 I_r$	2 o 3 s
FLUORESCENTES COMPACTAS	1 segundo	$I_0 = 2 I_r$	1 segundo
VAPOR DE MERCURIO	5 minutos	$I_0 = 1,5 I_r$	7 minutos
HALOGENUROS METÁLICOS	2 minutos	$I_0 = 1,3 I_r$	7 minutos Inmediato <sup>(1)</sup>
SODIO ALTA PRESIÓN	7 minutos	$I_0 = 1,2 I_r$	Inmediato
SODIO BAJA PRESIÓN	12 minutos	$I_0 = 0,95 I_r$	20 minutos

<sup>(1)</sup> Arrancador especial

Tabla 7. Correspondencia entre: Periodo calentamiento / Intensidad en el arranque/ reencendido en caliente

Fuente: Bibliografía #26

TIPO	FORMAS	POSICIÓN DE FUNCIONAMIENTO	UTILIZACIÓN	Ámbito de uso	Tipos de lámparas más utilizados
				Doméstico	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Incandescente</li> <li>▶ Fluorescente</li> <li>▶ Halógenas de baja potencia</li> <li>▶ Fluorescentes compactas</li> </ul>
INCANDESCENCIA	Esférica, Vela Tubular. Par. Seta.	Cualquiera	Doméstico Automóvil Comercio	Oficinas	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Alumbrado general: fluorescentes</li> <li>▶ Alumbrado localizado: incandescentes y halógenas de baja tensión</li> </ul>
INCANDESCENCIA CON HALÓGENOS	Tubular Reflector	Horizontal+15° Cualquiera	Monumental Doméstico	Comercial (Depende de las dimensiones y características del comercio)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Incandescentes</li> <li>▶ Halógenas</li> <li>▶ Fluorescentes</li> <li>▶ Grandes superficies con techos altos: mercurio a alta presión y halogenuros metálicos</li> </ul>
FLUORESCENTES TUBULARES	Tubular Circular En U	Cualquiera	Doméstico Oficinas Industrial	Industrial	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Todos los tipos</li> <li>▶ Luminarias situadas a baja altura (&lt;6 m): fluorescentes</li> <li>▶ Luminarias situadas a gran altura (&gt;6 m): lámparas de descarga a alta presión montadas en proyectores</li> <li>▶ Alumbrado localizado: incandescentes</li> </ul>
FLUORESCENTES COMPACTAS	Cilíndrica Dúo Esférica	Cualquiera	Doméstico Oficinas	Deportivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Luminarias situadas a baja altura: fluorescentes</li> <li>▶ Luminarias situadas a gran altura: lámparas de vapor de mercurio a alta presión, halogenuros metálicos y vapor de sodio a alta presión</li> </ul>
VAPOR DE MERCURIO	Ovoide	Cualquiera	Vial Industrial		
HALOGENUROS METÁLICOS	Cilíndrica Ovoide	Horizontal+45° Vertical+15°	Deportivo Comercial		
SODIO ALTA PRESIÓN	Cilíndrica Ovoide	Cualquiera	Vial Industrial		
SODIO BAJA PRESIÓN	Tubular	Horizontal+20°	Vial		

Tabla 8. Correspondencia entre: Formas / Posición de funcionamiento / utilización

Fuente: Bibliografía #26

## 10. CUADRO RESUMEN

TIPO DE LAMPARA	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS	GAMA DE POTENCIAS (W)	RENDIMIENTO LUMINOSO (lm/W)	VIDA UTIL (HORAS)	IRC	TIEMPO DE ENCENDIDO (minutos)	TIEMPO DE REENCENDIDO (minutos)	CO STE LAMPARA	EQUIPO ELECTRICO	NOTAS
INCANDESCENTE	Filamento de Wolframio en bulbo trasparente relleno de gas inerte.	25 - 2.000	10 - 20	1.000	100	0	0	BAJO	NO	Fácil instalación y regulación de intensidad
INCANDESCENTE HALÓGENAS	Filamento de Wolframio en bulbo trasparente con halógenos.	60 - 2.000	15 - 27	2.000	100	0	0	MEDIO	NO	Su diseño permite su uso en pequeñas luminarias compactas. Los Halogenuros previenen oscurecimientos y aumento de vida y eficacia.
FLUORESCENTES	Tubo de cristal tratado interiormente con polvo fluorescente excitado por radiación UV.	20 - 65	38 - 60	7.500	80	0	0	MEDIO-BAJO	SI	Efecto estroboscópico
VAPOR DE MERCURIO ALTA PRESIÓN	Descarga en tubo de cuarzo, ampolla exterior cubierta de fluorescente.	50 - 2.000	32 - 60	8.000	50	5	6	MEDIO	SI	Mejor rendimiento de color. Apropia da para iluminaciones exteriores
LUZ MEZCLA	Con filamento de Wolframio que actúa de balasto y potencia la luz roja.	160 - 500	19 - 28	6.000	60	2	2	ALTO	NO	Alumbrados semi-exteriores localizados donde es importante la reproducción de colores
V.M.A.P. CON HALOGENUROS METÁLICOS	Se añaden halogenuros para mejorar el rendimiento de color.	70 - 3.500	56 - 100	8.000	95	10	5	BAJO	SI	Buen rendimiento de color. Acto para alumbrado exterior
VAPOR DE SODIO BAJA PRESIÓN	En tubo de vidrio rodeado de óxido de indio para acumular el calor.	18 - 180	72 - 169	8.000	0	15	3	MEDIO	SI	Para alumbrados exteriores (públicos, autovías, etc.)
VAPOR DE SODIO ALTA PRESIÓN	En tubo de vidrio rodeado de óxido de indio para acumular el calor.	35 - 1.000	42 - 124	12.000	25	10	10	ALTO	SI	Apariencia calida apropiada para exteriores

Tabla 9.: tabla resumen de características y comparaciones.

Fuente: Bibliografía #24

### ***1.3.3.2 Alumbrado de interior***

#### **Deslumbramiento**

Ocasionado debido a que la iluminación de un objeto es mayormente alto que el hábitat que lo circunscribe. (Jiménez, 2004)

Existen dos maneras:

- Perturbador: Observación difusa
- Molesto: Molestia en la visión, ocasiona cansancio visual.
- Directo: Dirección perpendicular de la fuente luminosa sobre la visión
- Reflejado: Suceso consecuencia de superficies de gran reflectancia

Se usa en diferentes estimaciones de sucesos en ambientes a recibir iluminación, de acuerdo a la normatividad UNE-EN 21464-1. (Figura 40)

### **1.3.4. Circunspecciones sobre la elección de lámparas y luminarias**

Las lámparas son empleadas en la iluminación de interiores abarcando todo tipo, incandescentes, halógenas, VMBA (fluorescentes), VMAP, Inducción, Led, etc.). (Kontz, 2011)

Clasificación de luminarias:

- Luminaria a usar.
- Lugar y utilización:
- Áreas industrializadas

#### ***1.3.4.1. Procedimientos de cálculo de alumbrado de interior***

Se sustenta en la dación de los estados de luminosidad de un estado lumínico. (Kontz, 2011)

Hay dos métodos:

#### **Procedimiento de los Lúmenes:**

- Basado en obtener un nivel de rango medio de luminancia en pro de lograr un alumbrado generalizado.
- Muy fácil. Usado al no requerirse precisión.

### Procedimiento del punto a punto:

- Basado en obtener de los estados lumínicos en determinados lugares.
- Usado al necesitarse una gran precisión en lugares ya establecidos.

### Proceso de cálculo

Proceso apropiado porque exige una precisión apropiada debido a que no es alta. (Figura 41).

### Nivel medio de iluminación (E):

Está en función del tipo de actividad que se lleva a cabo en el lugar. Se encuentra dimensionado en normatividad (CIE, CTE HE-3, etc) y en sugerencias que proporciona las referencias bibliográficas.

### Clasificación de iluminaria

ÁMBITO DE USO	TIPOS DE LÁMPARAS MÁS UTILIZADOS
DOMÉSTICO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incandescente</li> <li>• Fluorescente</li> <li>• Fluorescentes compactas</li> <li>• Halógenas de Baja Potencia</li> <li>• Led</li> </ul>
OFICINAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alumbrado general: Fluorescente</li> <li>• Alumbrado localizado: Incandescente, Halógena de B.T.</li> <li>• Led</li> </ul>
COMERCIAL (Depende de las dimensiones y características del comercio)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incandescentes</li> <li>• Halógenas</li> <li>• Fluorescentes</li> <li>• Grandes superficies con techos altos: VMAP y Halogenuros metálicos</li> </ul>
INDUSTRIAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos los tipos</li> <li>• Luminarias situadas a baja altura (h &lt; 6 m): Fluorescentes</li> <li>• Luminarias situadas a gran altura (h &gt; 6 m): Lámparas de descarga a Alta Presión montadas en proyectores.</li> <li>• Alumbrado localizado: Fluorescente, Led, Incandescente</li> </ul>
DEPORTIVO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luminarias situadas a baja altura: Fluorescentes</li> <li>• Luminarias situadas a gran altura: VMAP, Halogenuros metálicos y VEAP.</li> </ul>

Tabla 10. tipo de lámparas y luminarias. Fuente: Bibliografía #9

Sumariamente la representación y clase de la luminaria se clasifica en: (Kontz, 2011)

- Luminarias Funcionales:
- Luminarias Formales:

**Luminarias con lámparas incandescentes:**

- Espacio familiar.
- Prevalece la belleza.
- En el ámbito comercial como iluminación suplementaria.
- Precisan apantallamiento.

**Luminarias con lámparas fluorescentes:**

- Espacio de estudio en departamentos
- De utilidad generalizada por su bajo precio y alto rendimiento.
- Diversidad de modelos, yendo del más simple al más sofisticado.

**Sistema de alumbrado**

Se escogerá al que tiene mayor adaptación a los requerimientos de la instalación. Relacionado en forma directa de acuerdo a la clase de lámparas y luminarias escogidas. (Figura 42, 43)

Elevación de suspensión de los focos. (Kontz, 2011)

En función de la clase de luminaria y el método lumínico seleccionado.

**Índice del local (K)**

**Factor que depende de la geometría del local.**

Pondera la correspondencia entre los espacios básicos (a, b, h) de un lugar, y poseen una consecuencia directa en la manera de distribuir las fuentes lumínicas. (Figura 44)

El índice K, está limitado entre 1 y 10. Sus cantidades pueden poseer valores mayores a 10, pero no se toman en cuenta debido a que no influye en el cálculo debido a que es despreciable. (Rodríguez, 2012)

En caso de no disponer de datos, pueden tomarse los siguientes:

- Techo: *(Por defecto: 0,5)*
  - Blanco o muy claro: 0,7
  - Claro: 0,5
  - Medio: 0,3
- Paredes: *(Por defecto: 0,3)*
  - Claro: 0,5
  - Medio: 0,3
  - Oscuro: 0,1
- Suelo: *(Por defecto: 0,1)*
  - Claro: 0,3
  - Oscuro: 0,1

Tabla orientativa de los factores de reflexión de los cerramientos

PINTURA / COLOR	F. reflexión (ρ)	MATERIAL	F. reflexión (ρ)
Blanco	0.70 - 0.85	Mortero claro	0.35 - 0.55
Techo acústico (según orificios)	0.50 - 0.65	Mortero oscuro	0.20 - 0.30
Gris claro	0.40 - 0.50	Hormigón claro	0.30 - 0.50
Gris oscuro	0.10 - 0.20	Hormigón oscuro	0.15 - 0.25
Negro	0.03 - 0.07	Arenisca clara	0.30 - 0.40
Crema, Amarillo claro	0.50 - 0.75	Arenisca oscura	0.15 - 0.25
Marrón claro	0.30 - 0.40	Ladrillo claro	0.30 - 0.40
Marrón oscuro	0.10 - 0.20	Ladrillo oscuro	0.15 - 0.25
Rosa	0.45 - 0.55	Mármol blanco	0.60 - 0.70
Rojo claro	0.30 - 0.50	Granito	0.15 - 0.25
Rojo oscuro	0.10 - 0.20	Madera clara	0.30 - 0.50
Verde claro	0.45 - 0.65	Madera oscura	0.10 - 0.25
Verde oscuro	0.10 - 0.20	Espejo de vidrio plateado	0.80 - 0.90
Azul claro	0.40 - 0.55	Aluminio mate	0.55 - 0.60
Azul oscuro	0.050 - 0.15	Aluminio anodizado y abrillantado	0.80 - 0.85
		Acero pulido	0.55 - 0.65

Tabla 11. Factores de reflexión de los cerramientos. Fuente: Bibliografía #25

### Coefficiente de utilización o factor de utilización (y, CU).

Se deduce partiendo del índice del local (K), así como de los componentes de reflexión (q), sumando las características de cada clase distinta de distribución lumínica y utilidad de la luminaria (L.O.R.) (Kontz, 2011)

Las cantidades están tabuladas para cada luminaria y clase de lámpara usada y lo proporcionan los constructores de luminarias. (Figura 45). (Fernández, 2002)  
En caso la lectura no esté disponible es útil interpolar.

UTILISATION FACTOR TABLE

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)											
	0.00	0.00	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00	0.00
	0.50	0.50	0.30	0.20	0.10	0.10	0.30	0.10	0.30	0.10	0.10	0.00
0.50	0.40	0.38	0.40	0.39	0.38	0.33	0.33	0.30	0.32	0.30	0.28	0.28
0.80	0.40	0.45	0.47	0.46	0.44	0.40	0.39	0.36	0.39	0.36	0.34	0.34
1.00	0.54	0.50	0.53	0.51	0.50	0.45	0.44	0.41	0.44	0.41	0.40	0.40
1.25	0.60	0.55	0.59	0.56	0.54	0.50	0.49	0.46	0.49	0.46	0.45	0.45
1.50	0.64	0.58	0.63	0.60	0.58	0.54	0.53	0.50	0.52	0.50	0.48	0.48
2.00	0.71	0.63	0.69	0.66	0.62	0.60	0.59	0.56	0.57	0.55	0.54	0.54
2.50	0.75	0.66	0.73	0.69	0.65	0.63	0.62	0.60	0.61	0.59	0.57	0.57
3.00	0.78	0.68	0.76	0.71	0.68	0.65	0.64	0.62	0.63	0.61	0.60	0.60
4.00	0.82	0.71	0.79	0.74	0.70	0.68	0.67	0.65	0.66	0.64	0.63	0.63
5.00	0.84	0.72	0.81	0.76	0.71	0.70	0.69	0.67	0.68	0.66	0.65	0.64

Ceiling mounted

Tabla 12.: Factor de utilización Fuente: Bibliografía #25

### Cálculo de Flujo Luminoso total necesario

Para su estimación, se usará la fórmula: (Rodríguez, 2012)

$$\Phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta f_m}$$

Donde:

$\Phi_T$ : Flujo luminoso total de las lámparas

E: Iluminancia media deseada (Tablas)

S: Superficie del plano de trabajo

$\eta$ : Factor de utilización (Tablas)

$f_m$ : Factor de mantenimiento

### Cálculo del número de luminarias (N)

Para hallar su resultado se empleará:

### Determinación del emplazamiento de las luminarias

En los locales de planta rectangular las luminarias son repartidas en forma uniforme formando filas paralelas e uniformes obteniendo simetría dentro del local. según las expresiones: (Kontz, 2011)

$$N = \frac{\Phi_T}{\eta \Phi_L}$$

Donde:

N: Número total de luminarias de la instalación

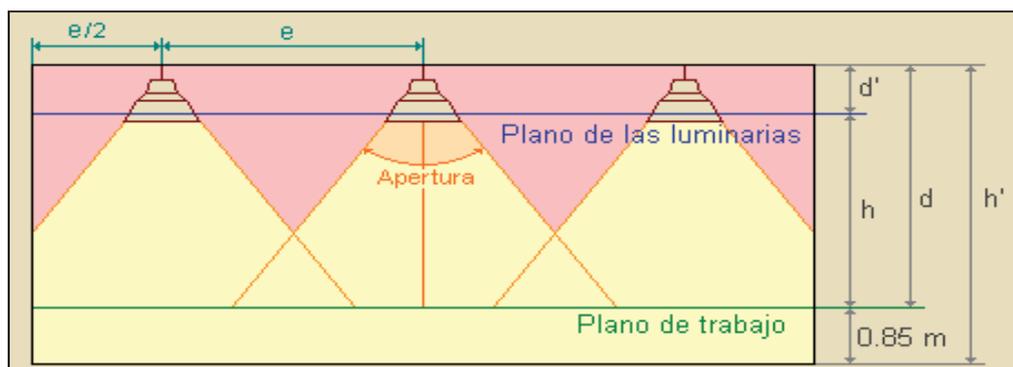
$\Phi_T$ : Flujo luminoso total de las lámparas

$\Phi_L$ : Flujo luminoso de una lámpara

n: Número de lámparas por luminaria

$$N_{ancho} = \sqrt{\frac{N_{total}}{largo} \times ancho}$$

$$N_{largo} = N_{ancho} \times \left(\frac{largo}{ancho}\right)$$



**Conclusiones sobre la separación entre las luminarias:**

Tipo de luminaria	Altura del local	Distancia máxima entre luminarias
intensiva	$> 10 \text{ m}$	$e \leq 1.2 h$
extensiva	6 - 10 m	$e \leq 1.5 h$
semiextensiva	4 - 6 m	
extensiva	$\leq 4 \text{ m}$	$e \leq 1.6 h$
distancia pared-luminaria: $e/2$		

### 1.3.6. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación. CTE HE 3

#### Eficiencia Energética de la Instalación, VEEI

La Instalación de luminosidad de un espacio se determina usando el Valor de Eficiencia Energética de la Instalación, VEEI: (Fernández, 2002)

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m}$$

Donde:

P: Potencia total (W)

S: Área iluminada (m<sup>2</sup>)

Em: Iluminancia media (lux)

Tabla de valores VEEI límite en recintos interiores.

**Tabla 2.1. Valores límite de eficiencia energética de la instalación**

Grupo	Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
<b>1</b> Zonas de no representación	Administrativo en general	3,5
	Andenes de estaciones de transporte	3,5
	Salas de diagnóstico (4)	3,5
	Pabellones de exposición o ferias	3,5
	Aulas y laboratorios (2)	4,0
	Habitaciones de hospital (3)	4,5
	Zonas comunes (1)	4,5
	Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	5
	Aparcamientos	5
	Espacios deportivos (5)	5
	Recintos interiores asimilables a grupo 1 no descritos en la lista anterior	4,5
	<b>2</b> Zonas de representación	Administrativo en general
Estaciones de transporte (6)		6
Supermercados, hipermercados y grandes almacenes		6
Bibliotecas, museos y galerías de arte		6
Zonas comunes en edificios residenciales		7,5
Centros Comerciales (excluidas tiendas) (9)		8
Hostelería y restauración (8)		10
Religioso en general		10
Salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias (7)		10
Tiendas y pequeño comercio		10
Zonas comunes (1)		10
Habitaciones de hoteles, hostales, etc.		12
Recintos interiores asimilables a grupo 2 no descritos en la lista anterior		10

**Sistemas de aprovechamiento de la luz natural**

Son automatizados que uniformizan la cuantía de luz artificial de alumbrado emitiendo de acuerdo al suministro de luz natural.

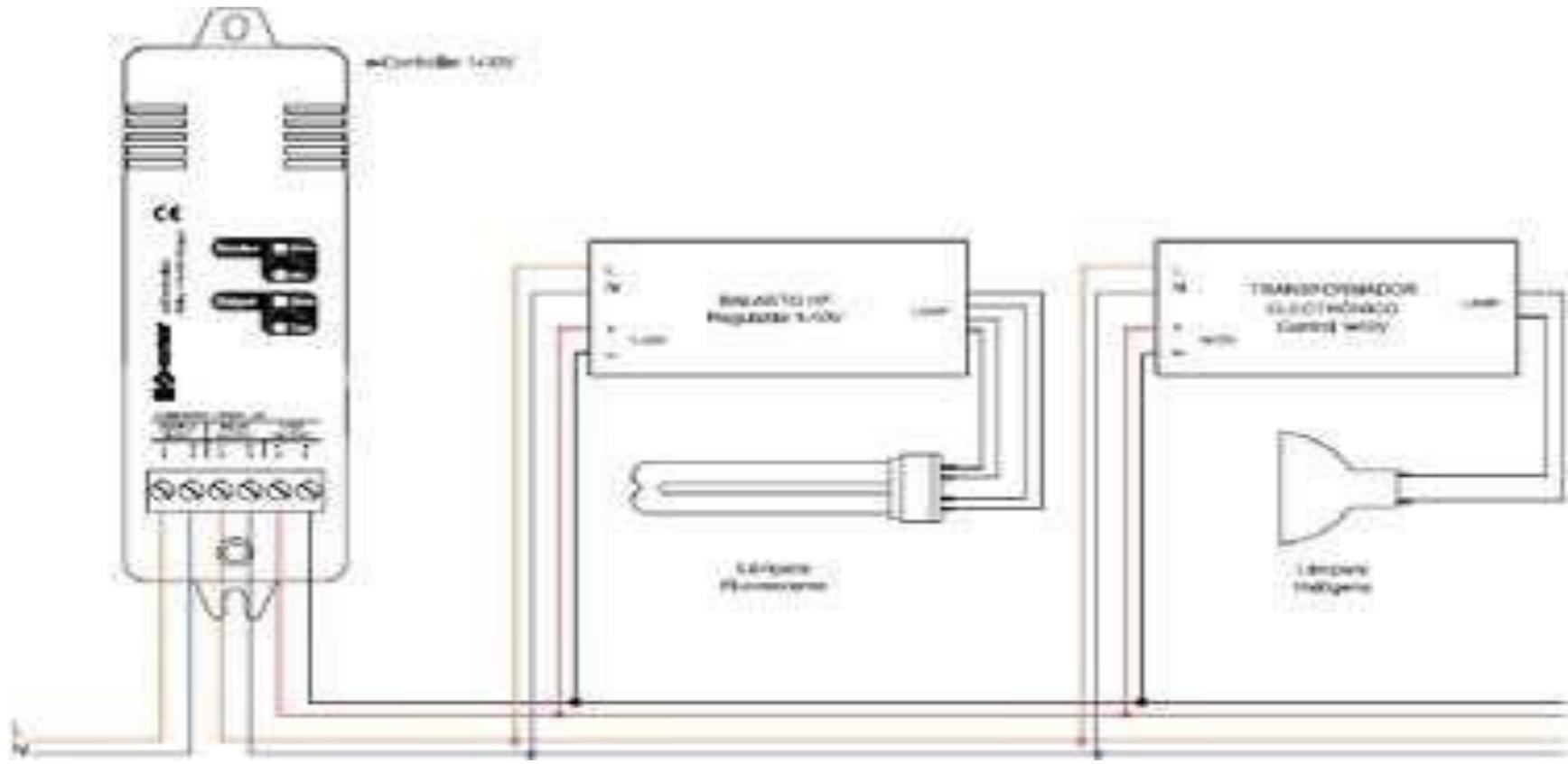
En lo posible no tomar en cuenta el funcionamiento TODO / NADA de las luces, siendo incensario en varios momentos. (Fernández, 2003)

Precisan el uso de balastos electrónicos regulables.

hay dos tecnologías generales:

**Tecnología de control 1V-10V**

- Accede el funcionamiento de balastos electrónicos.
- Su uso es concurrente en donde los lugares iluminados son de pequeña complejidad.
- El ajuste de la regulación se realiza mediante la transmisión a través de un cable de control propio. El balasto regulariza la fuerza de la luminaria
- Admite la congregación de luces mediante circuitos eléctricos.



### **Cálculos**

Si se desea hallar las soluciones luminotécnicas de los sitios interiores de alumbrado, hay que tener presente medidas como:

- Propios de la utilización de la instalación.
- Utilidad a que es destinada el lugar a tener iluminación.
- Clase de trabajo visual hacer.
- Las necesidades de luz y del usuario del local. Propios de las características del local
- Índice K del local o dimensiones del espacio (longitud, anchura y altura útil).
  - Reflectancias de las paredes, techo y suelo de la sala.
  - Peculiaridades y clase de techo.
  - Escenarios de la luz natural
  - Clase de acabado y decoración.
  - Enseres advertidos

### **Equipos**

- Las lámparas, equipos auxiliares y resto de dispositivos cumplirán lo dispuesto en la normativa específica para cada tipo de material.

**Tabla 3.2 Lámparas halógenas de baja tensión**

Potencia nominal de lámpara (W)	Potencia total del conjunto (W)
35	43
50	60
2x35	85
3x25	125
2x50	120

**Tabla 3.1. Lámparas de descarga**

**Potencia total del conjunto (W)**

Potencia Nominal de lámpara (W)	Vapor de mercurio	Vapor de sodio de alta presión	Vapor halogenuros metálicos
50	60	62	—
70	—	84	84
80	92	—	—
100	—	116	116
125	139	—	—
150	—	171	171
250	270	277	270 (2,15A) 277 (3A)
400	425	435	425 (3,5A) 435 (4,6A)

**NOTA:** Estos valores no se aplicarán a los balastos de ejecución especial tales como secciones reducidas o reactancias de doble nivel.

### **Lámparas fluorescentes tubulares**

Están compuestas de mercurio de baja presión, la luz es emitida acudiendo a polvos fluorescentes . (Kontz, 2011)



Figura 1. Tubos fluorescentes

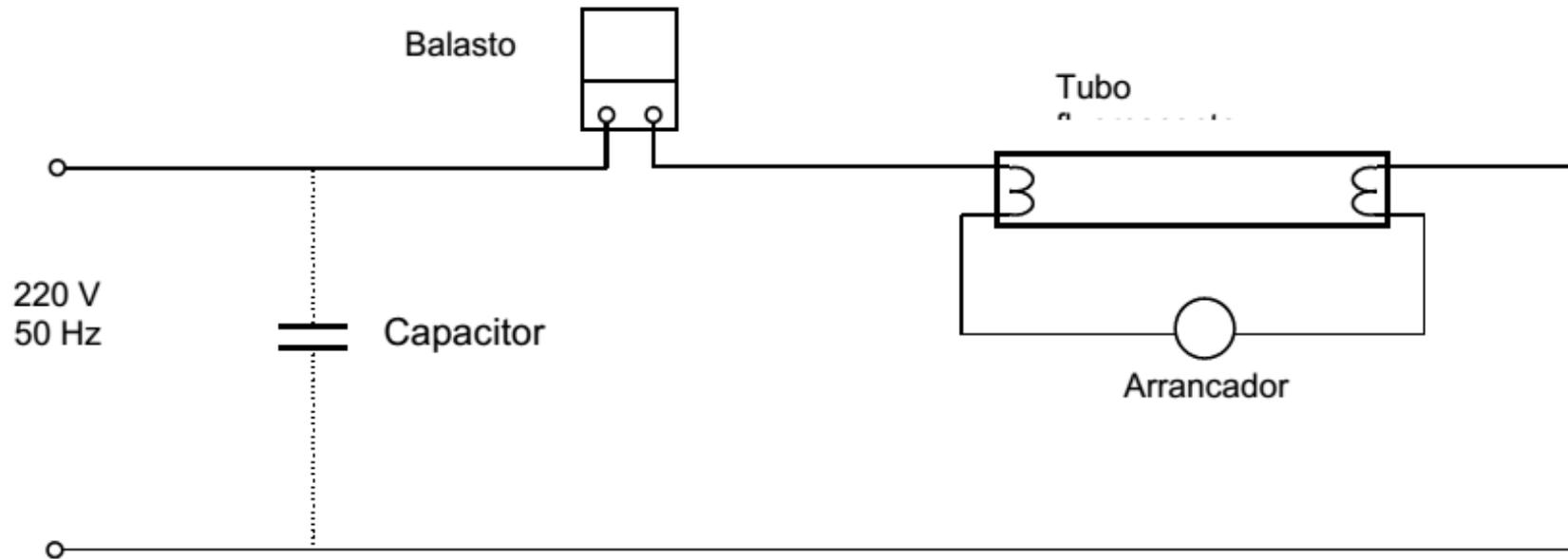


Figura 2. esquema eléctrico de conexión de lámpara fluorescente

Otro circuito que se utiliza para evitar el efecto estroboscópico, es mediante dos equipos en los cuales se produce un desfase en el encendido y apagado de los mismos mediante un condensador. (Rodríguez, 2012).

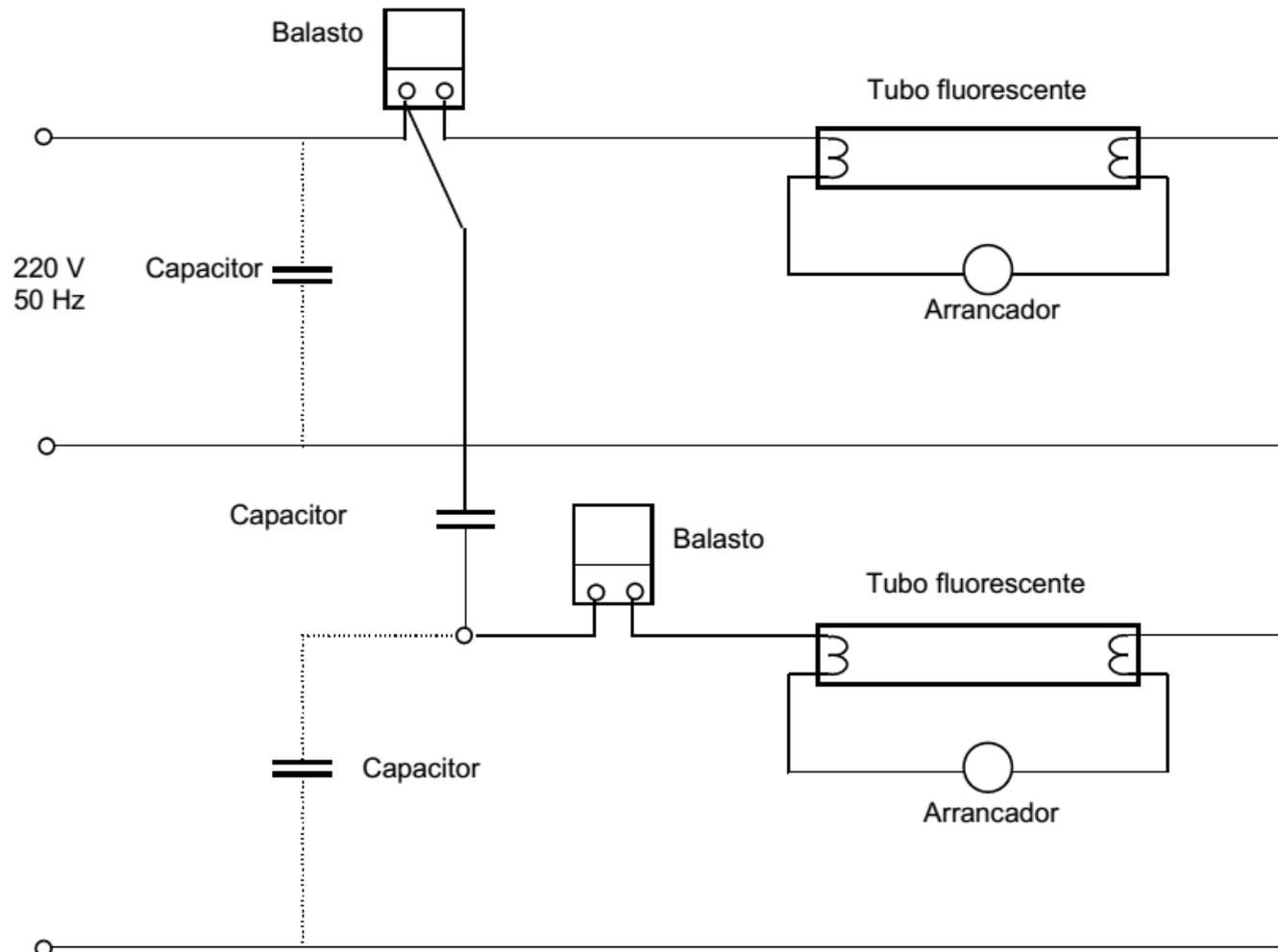


Figura 3. Conexión de tubo fluorescente para evitar el efecto estroboscópico.



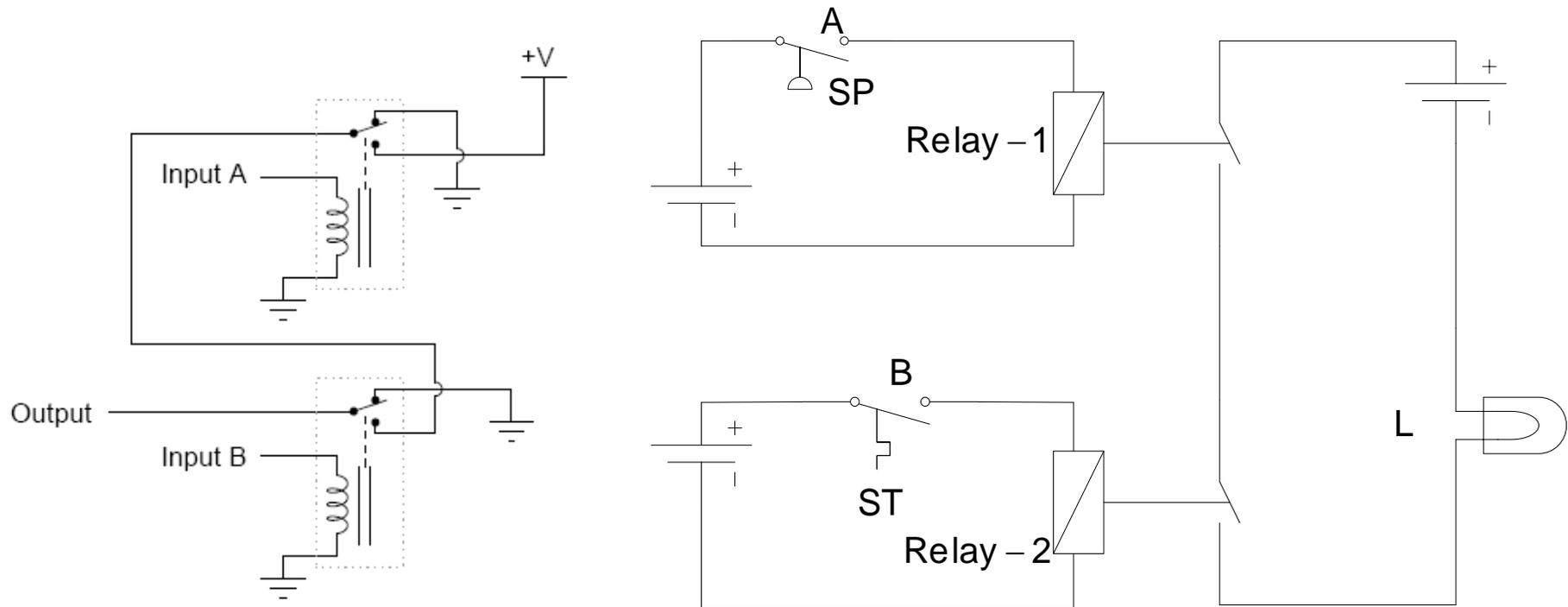


Figura 5. control on off de luminarias con relays

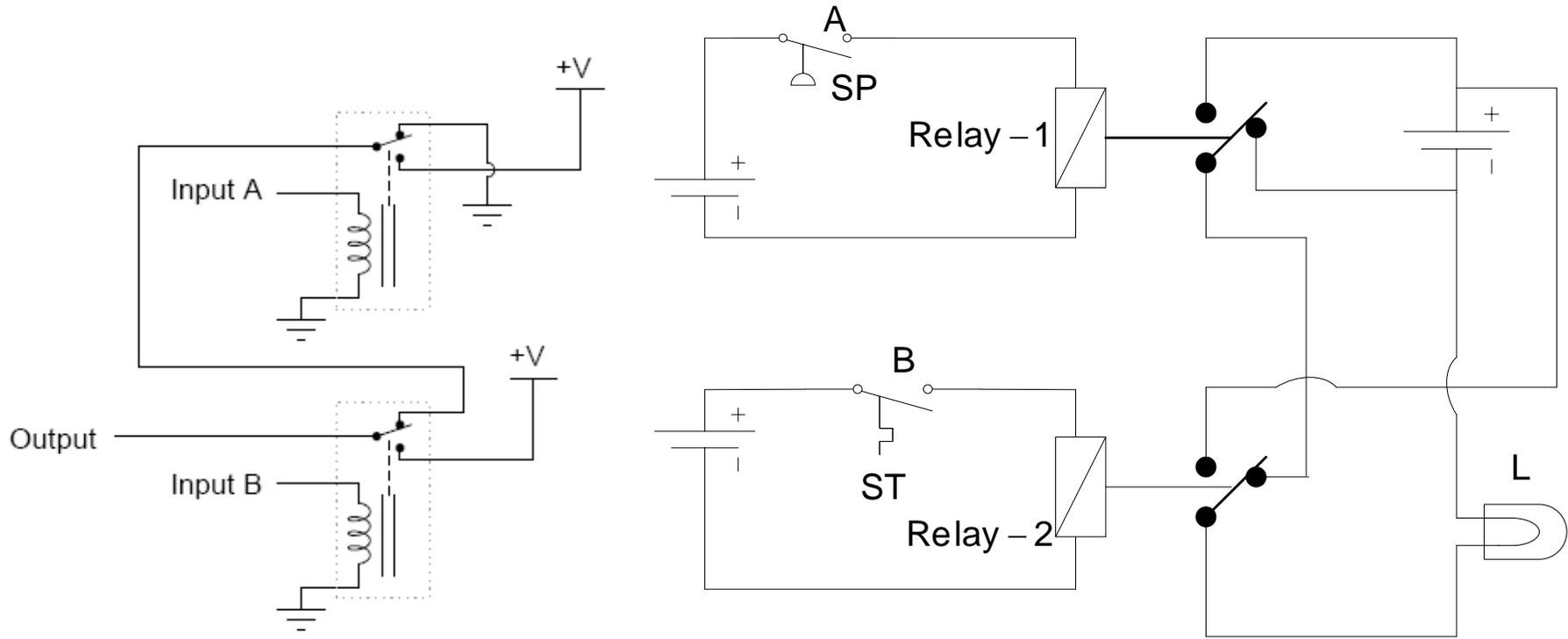


Figura 6. Control on off de luminarias con sensores de luminosidad

### 1.3.7 Fundamentos de control automático

#### Terminología del bucle de control automático PID

##### 1. Variable Controlada

Al examinar el ejemplo se visualiza, el propósito que el agua caliente circule en el vapor, teniendo presente las diferentes variables para procesarlas (Rodríguez, 2012)

##### 2. Variable Manipulada

. Es la cantidad variada por los instrumentos finales de control. Es la medida a utilizar para subsanar las perturbaciones del proceso, instalándose un actuador con la finalidad de proceder a la estabilización del sistema. (Kontz, 2011)

##### 3. Variable Perturbadora

. Es el parámetro desestabilización del sistema por cambios repentinos afectando el proceso. (Rodríguez, 2012)

##### 4. Señal de control

Mensaje del controlador que transmite modificaciones para lograr lo esperado de la variable controlada.

**6. Elementos Finales de Control (Actuadores)**

Instrumentos que reciben las señales del sistema tomadas por el controlador y las ejecuta directamente sobre la variable controlada. Los actuadores constituyen factores finales de control, su finalidad es perturbar la cantidad de la variable manipulada para subsanar o limitar la desviación del valor controlado,

**7. Transmisor**

Capta la señal mediante una forma eléctrica .Ultrasónica, al controlador. Contiene el transductor y acondicionador de señal. (Kontz, 2011)

**8. Convertidor**

Dispositivo que modifica la señal de entrada y entrega una señal de salida estándar.

**9. Set Point**

Punto en que una señal se establece bajo ciertos parámetros deseados..

**10. Controlador**

Es un equipo usado para revelar los desvíos presentes entre el valor medido por un sensor y el valor deseado. (Kontz, 2011).

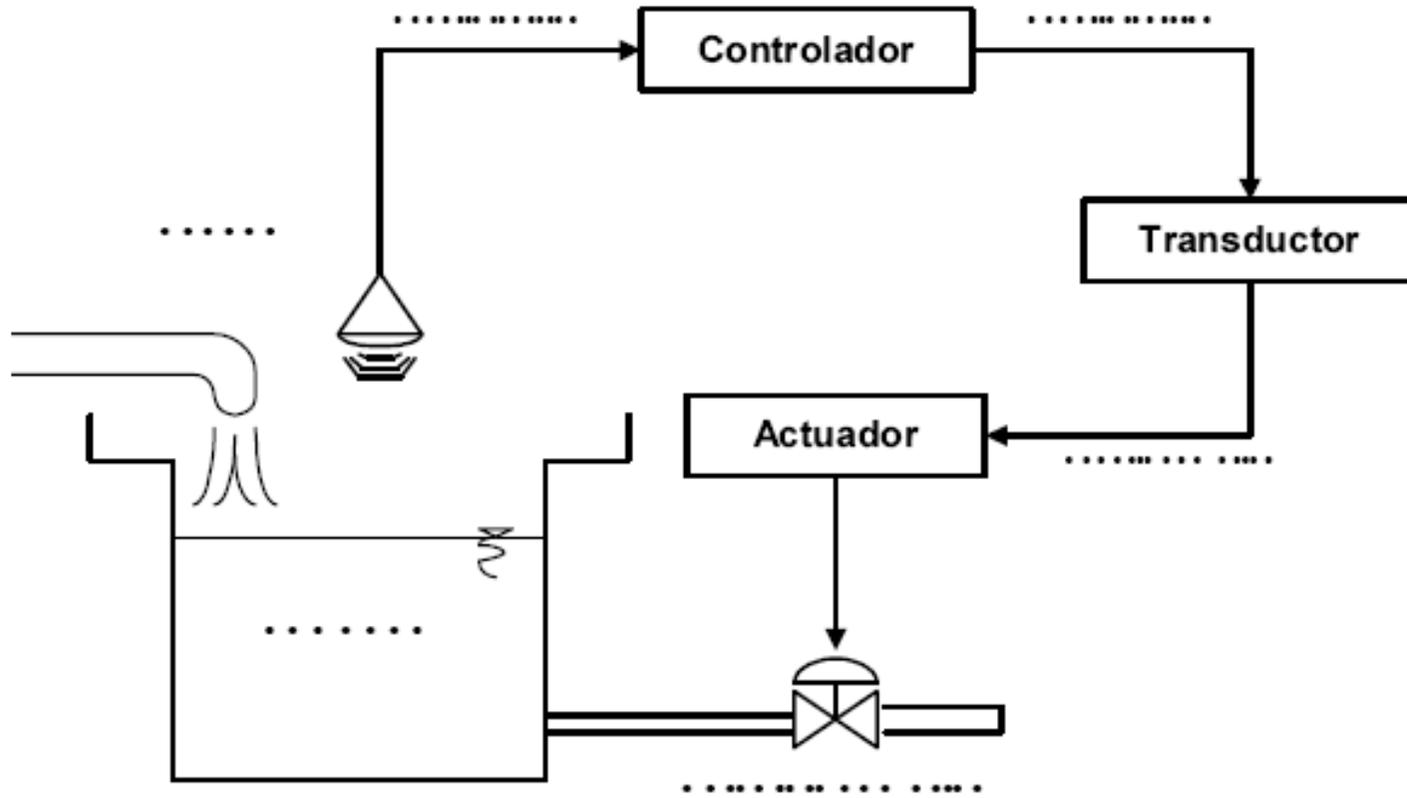


Figura 7. Control Automático de nivel sencillo

### 1.3.8 Sistemas de control de bucle

La señal de error actuante, que es la diferencia entre la señal de entrada y la retroalimentación (que puede ser la señal de salida, entra al detector o control de manera de reducir el error y llevar la salida del sistema al valor deseado. . (Kontz, 2011)

#### Diagrama de bloques de un sistema de control

En la figura puede verse el esquema de componentes del bucle de control. Un circuito abierto de regulación carece de detector de señal de error y de controlador. Un ejemplo, puede consistir en el calentamiento de agua en un tanque por medio de un intercambiador a resistencia eléctrica sumergido. (Rodríguez, 2012)

#### Componentes de medición y transmisión

Equipos encargados de convertir la variable de ingeniería (temperatura, por ejemplo) en una señal mecánica, eléctrica, etc.

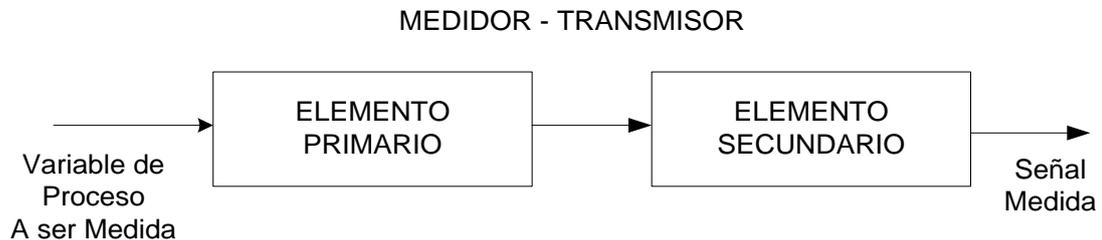


Figura 8. Esquema conceptual de control PID

### 1.3.9 Dimensionamiento de conductores eléctricos de circuitos monofásicos

Es un método de determinación del diámetro necesario para el conductor eléctrico y obtener: (Rodríguez, 2012)

- Asegurar la fiabilidad de operación
- Producir una razonable caída de voltaje en el conductor, para reducir las mermas de fuerza por efecto Joule y tener una tensión de suministro adecuada en el consumidor.
- Reducir el costo de inversión inicial, pues se obtendrá el diámetro económico

## DESCRIPCION DEL METODO.

### 1. Identificación del circuito cuyo conductor será dimensionado.

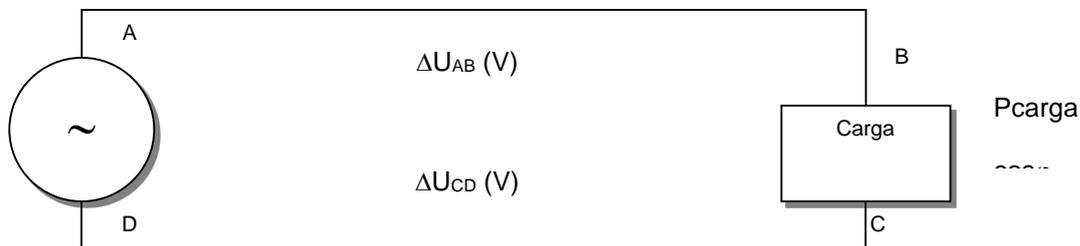
Se identifica la longitud total del conductor, que será incluida en el cálculo. (Kontz, 2011)

En la figura: Longitud AB = Longitud CD.

Longitud total del conductor:  $L_{AB} + L_{CD} = L_T$

### 1. Se adopta una caída de tensión admisible en el conductor

La cual está en el intervalo siguiente: (1,5 a 5)%  $U_a$  siendo la tensión de alimentación, ver figura:



$\Delta U_{AB}$  (V) = caída de tensión en el conductor de longitud  $L_{AB}$

$\Delta U_{CD}$  (V) = caída de tensión en el conductor de longitud  $L_{CD}$

$\Delta U_{AD}$  (V) = caída total de tensión en el conductor de longitud  $L_T$

$\Delta U_{AD}$  (V) = (1,5 a 5)%  $U_a$ , se adopta, de acuerdo a la carga y criterios económicos.

Si la longitud total del cable es muy alta, se tomará una caída de tensión pequeña, y si es corta se puede tomar la caída de tensión admisible un poco mayor, dentro de los límites recomendados.

### 2. Determinación de la intensidad de corriente en el conductor

Se realiza determinando la potencia de la carga, conociendo el valor de la tensión en bornes de la carga:  $U_{BC} = U_a - U_{AD}$  (V). Como  $P_{carga} = U_{BC} * I * \cos\phi$  (W)

Se halla la intensidad de corriente que pasará a través del conductor (y la carga), en

$$A: I = \frac{P_{carga}}{U_{BC} * \cos\phi} [A]$$

### 3. Determinación de la resistencia del conductor

Una vez conocida la intensidad de la corriente que pasa por el conductor, se determina el valor de la resistencia del conductor, con la siguiente ecuación:  $P = R * I^2$

(W), despejando:

$$R = \frac{P}{I^2} [\Omega]$$

#### 4. Determinación del valor de la sección transversal del conductor

De la ecuación:

$$R = \rho \cdot \frac{L_T}{S} = \frac{P}{I^2} [\Omega]$$

en la cual:

$\rho$  = resistencia específica del material del conductor  $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ , se obtiene de tablas

$L_T$  = Longitud total del conductor, previamente calculada, (m)

$S$  = sección transversal del conductor

Se despeja y se obtiene:  $S = \rho \cdot \frac{L_T}{R} [\text{mm}^2]$

#### 5. Determinación del valor del diámetro del conductor

Sección transversal del conductor:  $S = \pi \cdot \frac{d^2}{4} [\text{mm}^2]$ ,  $d$  = Diámetro del conductor, mm

Despejando:  $d = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} [\text{mm}]$

### 1.4 Formulación del problema

¿En qué medida un sistema automático de iluminación en base a normas técnicas puede mejorar la eficiencia y eficacia luminosas en una planta industrial?

### 1.5. Justificación del estudio

#### Técnica:

Se conseguirá mayor eficacia y eficiencia en la iluminación es decir más luxes y más lumen por watt en el sistema de iluminación, con mejor distribución y aprovechamiento de la luz.

#### Económica:

Al trabajar con sistema de iluminación más eficiente se tendrá un menor costo de operación, y una mayor productividad, pues se deberá reducir el cansancio de los trabajadores.

**Laboral:**

Al aplicar una iluminación mejorada, se conseguirá mejor lugar de trabajo, con mejor seguridad, con mayor cooperación del personal técnico.

**Tecnológica**

Permitirá introducir, poner en servicio y asimilar la tecnología moderna de iluminación industrial, con mayor eficiencia y menor costo.

**1.6 Hipótesis**

La implementación de un sistema automático de iluminación en base a normas técnicas permite mejorar la eficiencia y eficacia luminosas en la planta industrial

**1.7. Objetivos.****1.7.1. Objetivo general**

Diseñar un sistema automático de iluminación en base a normas técnicas para mejorar la eficiencia y eficacia luminosa en la planta Creditex S.A.

**1.7.2. Objetivos específicos**

- Análisis del sistema actual de iluminación eléctrica de Hall nr. 4 de Creditex en base a normas técnicas.
- Determinar capacidad y rendimientos de luminarias nuevas
- Determinar el modelo de control automático adecuado para un sistema de iluminación industrial.
- Realizar un análisis económico calculando monto de inversión, costos de operación y beneficios de una adecuada instalación
- Realizar el análisis financiero que permita en base a los indicadores evaluar la conveniencia de realizar la inversión requerida

## CAPITULO 2: METODO

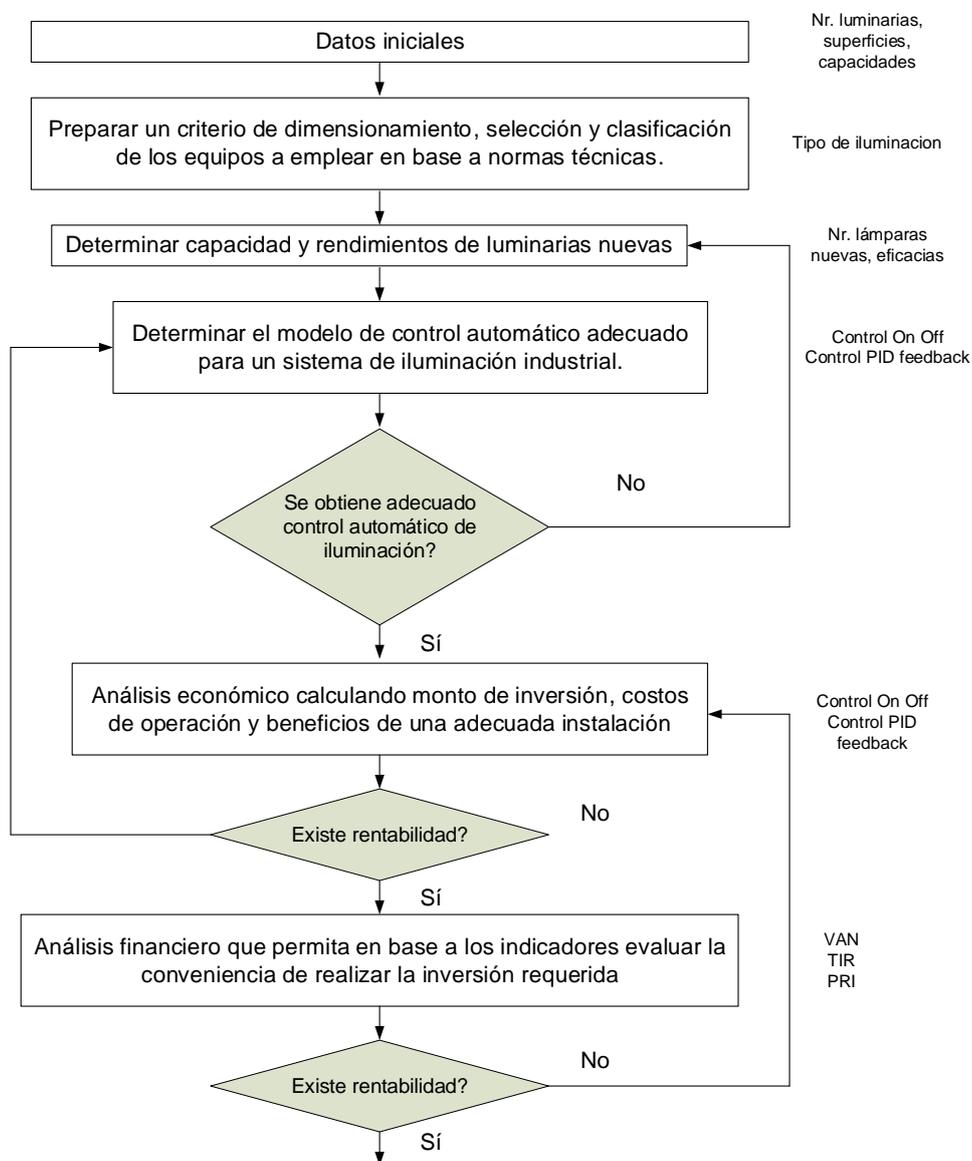
## II. MÉTODO

### 2.1. Diseño de investigación

El estudio de investigación es aplicativo al plantear instaurar una alternativa tecnológica realizable de ser aplicada, para llegar a solucionar una temática industrial, en este caso de iluminación eléctrica.

También es descriptivo pues delinea el proceso problema industrial y el método para hallar la solución técnica económica.

#### Flujograma de procedimientos para obtener objetivos de la investigación.



Elaboración propia

## 2.2 Variables, Operacionalización

- Variable independiente: Sistema automático de iluminación.
- Variable dependiente: la eficiencia y eficacia luminosas.

### Variables intervinientes

- Variación de la calidad de energía eléctrica : armónicos y frecuencia

### Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
Variable Independiente: Sistema automático de iluminación	Acción de control en base a la desviación del valor del proceso, en unidades de la variable, manteniendo un valor de offset constante	Se refiere al modo de control automático a emplear, en modo todo o nada.	Set Point del valor deseado Tiempo de inercia	0-5 V
Variable dependiente: la eficiencia y eficacia luminosas	Cantidad de lúmenes que inciden sobre una determinada superficie desde cierta distancia de una fuente luminosa	Se refiere a la cantidad de rayos luminosos que pasas por un ángulo triedro	Flujo de oro recuperado	0-500 lux

## 2.3 Población y muestra

### 2.3.1 Población:

Halls industriales de Plantas procesadoras de la ciudad de Trujillo

### 2.3.2 Muestra:

Hall industrial de Planta Industrial

## 2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Objeto</b>	<b>Objetivos</b>
<b>Observación</b>	Hoja Excel de toma de datos	Luminarias de hall industrial	Conocer el sistema de iluminación y sus parámetros, tipos de luminarias y su eficacia
<b>Entrevistas</b>	Hoja de entrevista	Personal de operación y de mantenimiento	Definir aspectos de iluminación, definiendo la tecnología y el control automático de iluminación
<b>Encuestas</b>	Hojas de encuestas	Personal ejecutivo de Planta industrial	Definir la prioridad de iluminación, conocer tiempos de encendido y tipos de iluminación
<b>Mediciones</b>	Pinza amperimétricas, luxómetro	Conexiones de luminarias y superficies de iluminación	Definir los ángulos de iluminación de las luminarias, determinar su eficacia y rendimiento
<b>Análisis registro de datos</b>	Hoja de Registro de datos	Instalaciones del hall industrial	Determinar frecuencia de mantenimiento, fallas, reemplazos de luminarias y su vida útil

## **2.5 Métodos de análisis de datos**

Es necesario hacer análisis descriptivos de las instalaciones y objetos de iluminación, para establecer la conducta adoptada por las variables y medidas de la muestra de estudio, estadística descriptiva, como la media, varianza, cálculo de tasas, etc. Se hará análisis inferencial: en este caso, las hipótesis consideradas serán verificadas.

## **2.6 Aspectos éticos**

La data y la información son novísimos, sin reproducción de estudios preliminares, autenticidad de datos y resultados; obediencia por la propiedad intelectual; el medio ambiente; política, jurídica y ética; protección de la identidad de las personas que hacen el estudio; con honestidad, etc.

## **CAPITULO 3: RESULTADOS**

### III. RESULTADOS

#### 3.1 Análisis del sistema actual de iluminación eléctrica de Hall nr. 4 de Creditex en base a normas técnicas.

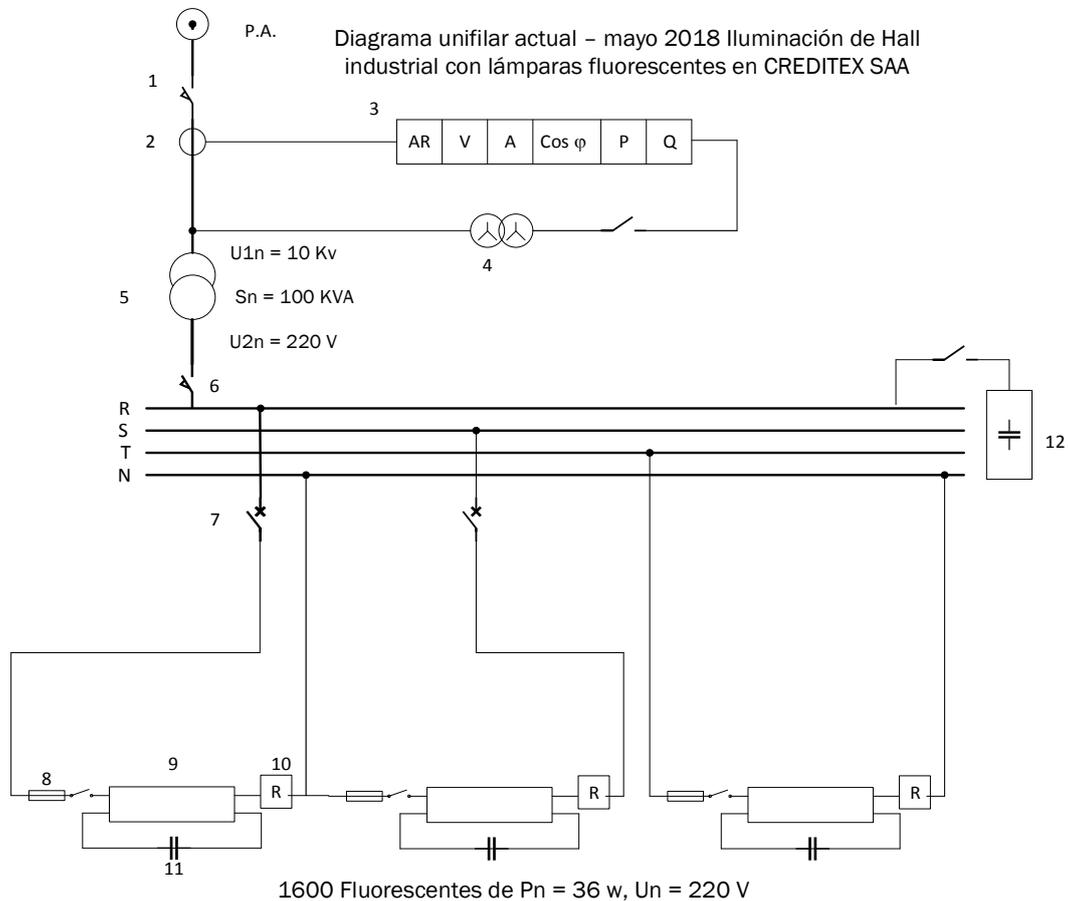


Figura 9.: Diagrama unifilar sistema eléctrico iluminación con lámparas fluorescentes y balasto inductivo hall industrial Creditex SAA. Elaboración propia

#### Leyenda:

- 1: Protección en MT
- 2: Transformador de corriente
- 3: Analizador de redes
- 4: Transformador de tensión para analizador de redes
- 5: Transformador de distribución, 10/0.22 kv
- 6: Interruptor automático en BT
- 7: Interruptor termo magnético
- 8: Fusible en BT para fluorescentes
- 9: Lámparas fluorescentes
- 10: reactor inductivo
- 11: Condensador arranque del fluorescente

12: Banco de condensadores del factor de potencia

Nr. Total de lámparas fluorescentes: 2016 piezas

PRODUCTO: Pack x 25 tubos Philips 36w

INFORMACIÓN TÉCNICA:

Tipo de lámpara: Tubo

Tono: 6500°k

Lúmenes (Intensidad de luz): 2500lm

Apertura: 360°

Zócalo: T8

Conexión: 220v (requiere balasto)

Factor de potencia: 0.86

Material: Vidrio

Medidas: Diámetro 2,6cm / largo 120cm

Fuente: <https://www.tiendaobjetos.com.ar/tubo-fluorescente-220v-36w-luz-dia-philips-caja-25-668409807xJM>

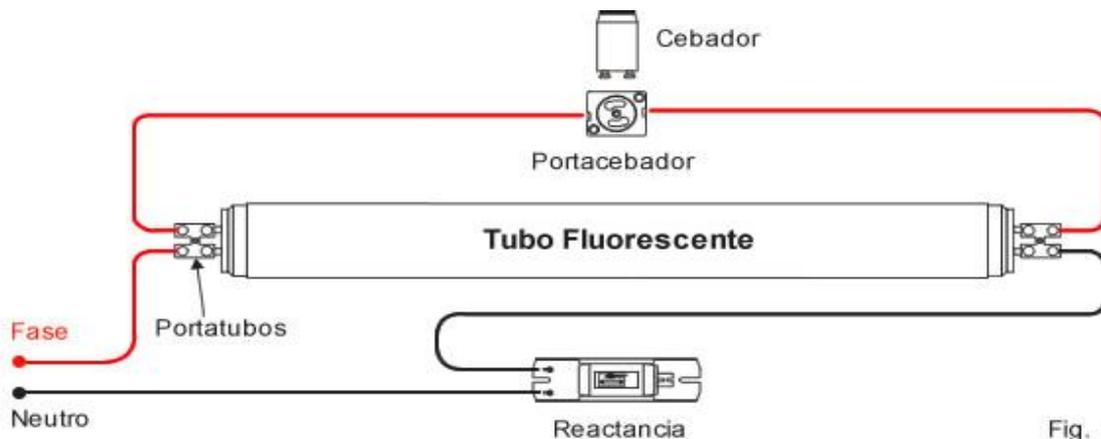


Figura 10. Instalación standard de una lámpara fluorescente tubular recta

Potencia activa total absorbida,  $P_T$ :

$$P_T(w) = \text{Nr. tubos}(\text{tubos}) * P_{\text{unit}}\left(\frac{w}{\text{tubo}}\right)$$

$$P_T = 2016 \text{ tubos} * 36 \frac{w}{\text{tubo}} = 72576 w = 72.576 \text{ kw}$$

Potencia reactiva absorbida, en bornes de lámparas fluorescentes,  $Q_T$ :

Ángulo de desfase intensidad tensión:  $\text{Arcos}0.86 = 30.68^\circ$

$$Q_T = P_T * \tan\varphi \text{ (Kvar)}$$

$$Q_T = 72.576 * \tan 30.68 = 43.06 \text{ Kvar}$$

Potencia aparente total:

$$S_T = \sqrt{P_T^2 + Q_T^2} [\text{KVA}]$$

$$S_T = \sqrt{72.576^2 + 43.06^2} = 84.38 \quad [\text{KVA}]$$

Triángulo de potencias actual

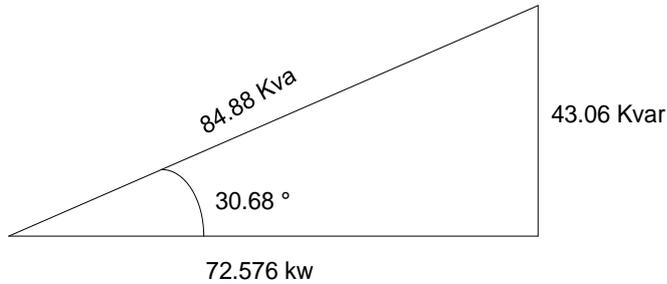


Figura 11.: Triángulo de potencias en bornes de luminarias de Hall nr.4 Creditex

Las líneas de alimentación a las luminarias son cuatro:

- Línea A, con 600 lámparas fluorescentes
- Línea B, con 600 lámparas fluorescentes
- Línea C, con 400 lámparas fluorescentes
- Línea D, con 416 lámparas fluorescentes

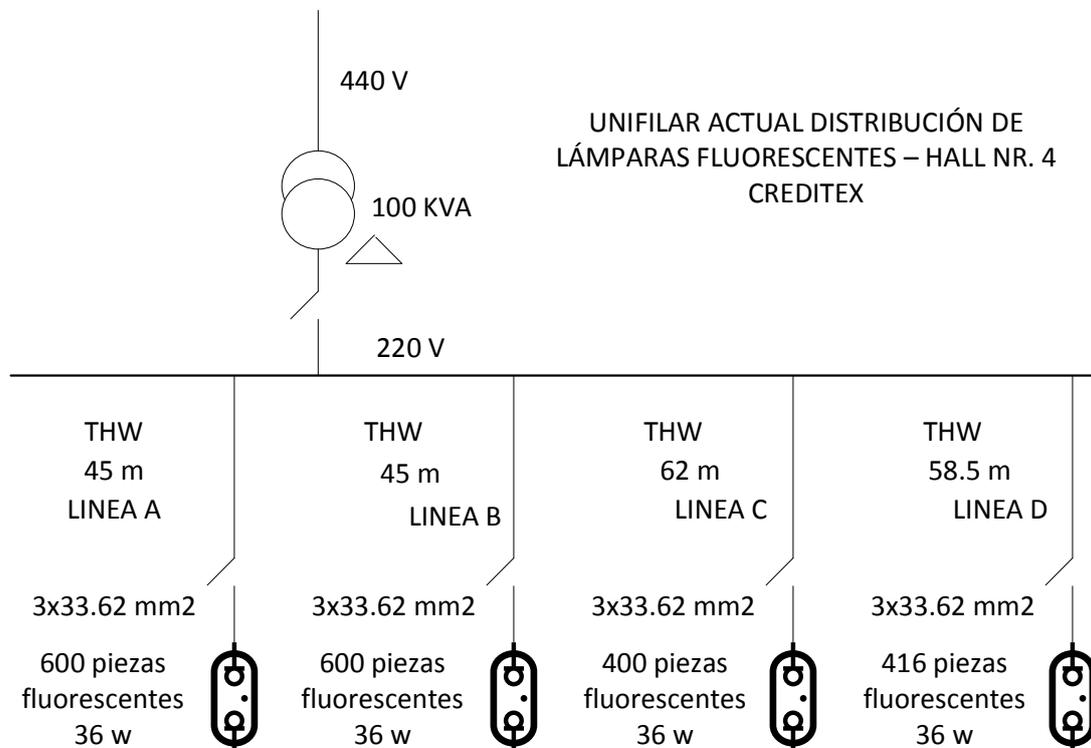


Figura 12.: Unifilar actual de alimentación de luminarias fluorescentes en Hall nr. 4 Creditex.  
Elaboración propia

**Potencia activa por línea de alimentación:**

- Línea A: 600 piezas\*36 w/pieza = 21600 w
- Línea B: 600 piezas\*36 w/pieza = 21600 w
- Línea C: 400 piezas\*36 w/pieza = 14400 w
- Línea D: 416 piezas\*36 w/pieza = 14976 w

**Cable utilizado en cada línea:**

Línea A: THW, s = 33.62 mm<sup>2</sup>, In = 115 A, Instalación: Aérea. Tmax = 75 °C

Distancia desde bornes salida de transformador hasta barra de distribución: 45 m

**Cálculo de caída de tensión en conductor de alimentación**

Intensidad total:

$$I_{T-Línea A} = \frac{P_T}{\sqrt{3} * U_L * \text{Cos}\varphi} \text{ [A]}$$

$$I_{T-Línea A} = \frac{21600 \text{ w}}{\sqrt{3} * 220 * 0.86} = 65.91 \text{ [A]}$$

**Temperatura de operación máxima**

$$T_{m\acute{a}x} = T_0 + (T_n - T_0) * \alpha^2$$

$$T_{m\acute{a}x} = 30 + (75 - 30) * 0.57^2 = 44.62 \text{ }^\circ\text{C}$$

La temperatura máxima en conductor es el 59.5 % de la temperatura máxima

**Caída de tensión en conductor:**

$$\Delta U = \sqrt{3} * R_L * I_L \text{ [V]}$$

En la cual, RL = resistencia de línea

$$R_L = 0.0175 \text{ } \Omega * \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} * \frac{45 \text{ m}}{33.62 \text{ mm}^2} = 0.0234 \text{ } \Omega$$

Reemplazando en la ecuación de caída de tensión de línea:

$$\Delta U = \sqrt{3} * 0.0234 \text{ } \Omega * 65.91 \text{ A} = 2.67 \text{ V}$$

Caída de tensión porcentual en conductor:

$$\Delta U \text{ [%]} = \frac{2.67}{220} * 100 = 1.213 \text{ } \%$$

La caída de tensión es bastante aceptable, el cable está bien dimensionado

El factor de potencia del circuito de iluminación es bajo, 0.86. en la eventualidad de reemplazar las lámparas fluorescentes por luminarias LED, no será necesario instalar banco de condensadores, pues el factor de potencia de luminarias LED es bastante elevado, mayor de 0.98.

Potencia perdida en conductor, Línea A; con lámparas fluorescentes:

$$P_{P-A} = 3 * R_L * I_L^2 * 10^{-3} \text{ [kw]}$$
$$\rightarrow P_{P-A} = 3 * 0.0234 \Omega * 65.91^2 \text{ A}^2 * 10^{-3} = 0.305 \text{ [kw]}$$

**Rendimiento de línea A,  $\eta_A$**

$$\eta_A = \frac{P_u}{P_T}$$
$$\eta_A = \frac{21.6 \text{ kw}}{21.6 + 0.305} * 100 = 98.61 \%$$

De manera similar y con el mismo procedimiento, se procede con las demás líneas

PARÁMETROS DE OPERACIÓN EN LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN A LÁMPARAS HALL NR. 4 - CREDITEX SAC														
Denominación	Tensión nominal	Tipo Lámpara	Potencia unitaria	Potencia total de línea	Factor de potencia	Intensidad de línea	Longitud del conductor	Sección transversal del conductor	Resistencia de línea del conductor	Caida de tensión en conductor	Potencia perdida en conductor	Intensidad nominal del conductor	Temperatura de operación en conductor	Rendimiento del conductor
	Un	Lámparas fluorescentes	Punit	Pt	Cos j	IL	Lcond	Scond	RL	$\Delta U$ -cond	Pp-cond	In-cd	Tcond	$\eta_{cd}$
	V	Piezas	w	w	-	A	m	mm <sup>2</sup>	$\Omega$	V	kw	A	°C	%
Línea A	220	600	36	21600	0.86	65.92	45	33.62	0.023	2.67	0.31	115	44.78	98.61
Línea B	220	600	36	21600	0.86	65.92	45	33.62	0.023	2.67	0.31	115	44.78	98.61
Línea C	220	400	36	14400	0.86	43.94	62	33.62	0.032	2.46	0.19	115	36.57	98.72
Línea D	220	416	36	14976	0.86	45.70	58.5	33.62	0.030	2.41	0.19	115	37.11	98.74

Tabla 13. Parámetros de operación en líneas de alimentación a Lámparas de Hall nr. 4 – Creditex SAC

Potencia total perdida en conductores, con fluorescentes de vapor de mercurio

$$P_t = 0.31 + 0.31 + 0.19 + 0.19 = 1 \text{ kw}$$

**Cantidad total de luz entregada por las lámparas fluorescentes.**

En Línea A: 600 piezas \* 2500 lumen/pieza = 1500,000 lumen

Esta cantidad de luz debe entregar el circuito con lámparas LED, además de demandar menor potencia.

**Determinación de capacidad y rendimientos de luminarias nuevas.**

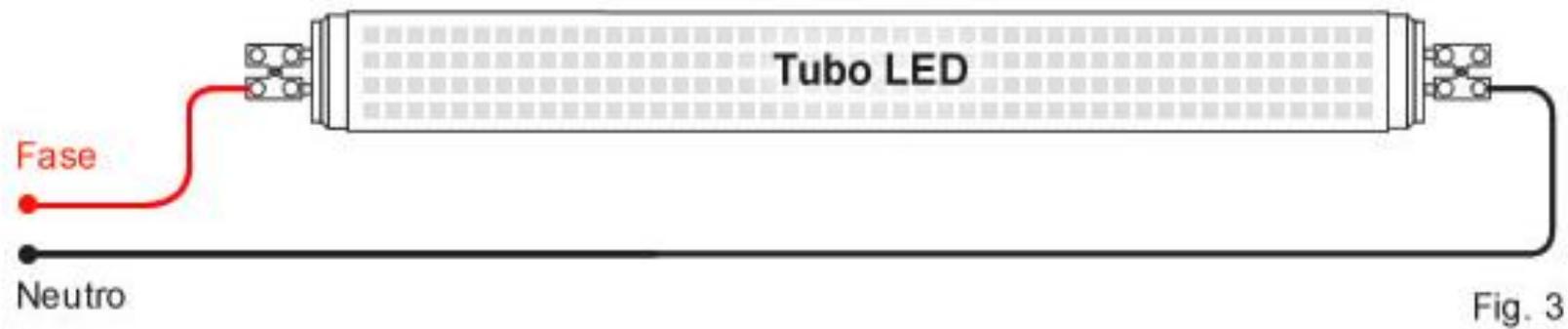


Figura 13. Instalación de lámpara LED

Luminaria LED seleccionada: 1200 mm HO 26 w 830 T5

Características técnicas de luminarias LED

## MASTER LEDtube T5

G5



HF



Product type	LED	Lumen output	Operation	Dimmable	Rotatable end cap	Beam angle	CRI	Color temp.	Lifetime	Energy-label	Dimensions	EOC 1 pcs (C)*
	W	lm	lm/W			°		K	Hrs.		H x W	8718696
<b>MASTER LEDtube (HF)</b>												
600mm HE 8W 830 T5 <b>NEW</b>	8	1000	HF	No	No	200	83	3000	50,000	A+	21 x 600	74323200
600mm HE 8W 840 T5 <b>NEW</b>	8	1050	HF	No	No	200	83	4000	50,000	A+	21 x 600	74325600
600mm HE 8W 865 T5 <b>NEW</b>	8	1050	HF	No	No	200	83	6500	50,000	A+	21 x 600	74327000
1200mm HE 16.5W 830 T5 <b>NEW</b>	16.5	2300	HF	No	No	200	83	3000	50,000	A+	21 x 1200	74329400
1200mm HE 16.5W 840 T5 <b>NEW</b>	16.5	2500	HF	No	No	200	83	4000	50,000	A++	21 x 1200	74331700
1200mm HE 16.5W 865 T5 <b>NEW</b>	16.5	2500	HF	No	No	200	83	6500	50,000	A++	21 x 1200	74333100
1500mm HE 20W 830 T5 <b>NEW</b>	20	2800	HF	No	No	200	83	3000	50,000	A+	21 x 1500	74335500
1500mm HE 20W 840 T5 <b>NEW</b>	20	3000	HF	No	No	200	83	4000	50,000	A++	21 x 1500	74337900
1500mm HE 20W 865 T5 <b>NEW</b>	20	3000	HF	No	No	200	83	6500	50,000	A++	21 x 1500	74339300
1500mm UO 36W 830 T5 Instant Fit	36	5200	HF	No	No	160	80	3000	50,000	A++	21 x 1500	70599500
1500mm UO 36W 840 T5 Instant Fit	36	5600	HF	No	No	160	80	4000	50,000	A++	21 x 1500	70603900
1500mm UO 36W 865 T5 Instant Fit	36	5600	HF	No	No	160	80	3000	50,000	A++	21 x 1500	70605300
1500mm HO 26W 830 T5 Instant Fit	26	3700	HF	No	No	160	83	3000	50,000	A+	21 x 1500	68552500
1500mm HO 26W 840 T5 Instant Fit	26	3900	HF	No	No	160	83	3000	50,000	A++	21 x 1500	68554900
1500mm HO 26W 865 T5 Instant Fit	26	3900	HF	No	No	160	83	6500	50,000	A++	21 x 1500	68556300
1200mm HO 26W 830 T5 Instant Fit	26	3700	HF	No	No	160	80	3000	50,000	A+	21 x 1200	70527800
1200mm HO 26W 840 T5 Instant Fit	26	3900	HF	No	No	160	80	6500	50,000	A++	21 x 1200	70529200
1200mm HO 26W 865 T5 Instant Fit	26	3900	HF	No	No	160	80	6500	50,000	A++	21 x 1200	70531500

### **Cálculo del nr. De luminarias LED en base al cálculo según el método de los lúmenes**

Se sustenta en satisfacer la necesidad de iluminación del Hall

Del balance de iluminación:

Luz entregada por lámparas fluorescentes = Luz entregadas por luminarias LED

2016 piezas \*2500 lumen/pieza = Nr. LED \* 3698 lumen/pieza = 5'040,000 lumen

Despejando, Nr. de luminarias LED para reemplazar las lámparas LED

$$\text{Nr. LED} = \frac{5'040,000 \text{ lumen}}{3698 \frac{\text{lumen}}{\text{Fluorescentes LED}}} = 1363 \text{ Fluorescentes LED}$$

### **Cálculo de potencia ahorrada:**

Potencia con lámparas fluorescentes:

2016 piezas\*0.036 kw/pieza = 72.576 kw

Potencia con lámparas LED: 1363 piezas\*0.026 kw/pieza = 35.44 kw

Potencia ahorrada por cambio de luminarias fluorescentes por luminarias LED:

Pahorrada = 72.576 – 35.44 = 37.136 kW

### **Verificación de iluminación con lámparas fluorescentes**

Un aspecto muy importante en la elaboración de la luminancia es establecer la cantidad de lumínicos solicitados, sustentándose en una referencial. El procedimiento del factor de utilización es el lugar donde la forma exacta y llena de simpleza para determinar la cantidad de lumínicos necesarios (n):

$$N = \frac{E * a * b}{\Phi * \eta_{LB} * \eta_R}$$

N = número de luminarias

E = número de luxes necesarios

A = ancho del local, m

B = Altura del local, m

$\Phi$  = iluminación de la luminaria, en lumen

$\eta_{LB}$  = eficiencia de local

$\eta_R$  = eficiencia de mantenimiento

## Método del factor de utilización de la estancia, “de los lúmenes”

### 1. Iluminancia nominal E

Basándose en la DIN 5035, Parte 2, para la estancia en cuestión, tipo de diligencia.

### 2. Factor de la estancia k

Está en correspondencia con la representación de la estancia

$$k = \frac{\text{anchura de la estancia} * \text{longitud de la estancia}}{\text{altura de la estancia} * (\text{anchura de la estancia} + \text{longitud de la estancia})}$$

- $h = Ht - 0.85 \text{ m}$

### 3. Flujo luminoso, $\Phi$

Se toma del catálogo de la lámpara que se utilice en la luminaria, en lumen

### 4. Eficiencia de la luminaria $\eta_{LB}$ (factor de eficacia)

Se accede del inventario de la luminaria designada

### 5. Factor de utilización de la estancia $\eta_{LB}$

El de la tabla LiTG para la lámpara escogida asentada en la categorización (p.ej. A 40.2). La consecuencia de la repartición de la luz en la habitación está representada en la tabla respectiva. La tabla I hospeda el factor de utilización R como porcentaje contra al factor de la estancia (k), asentado en una mezcla de reflectancias sobre los techos, paredes y superficies de trabajo (o suelos).

Room Index k	Reflectances (%) for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
0.60	0.44	0.41	0.42	0.41	0.40	0.33	0.32	0.27	0.30	0.26	0.23
0.80	0.53	0.50	0.52	0.50	0.49	0.41	0.39	0.34	0.37	0.33	0.29
1.00	0.62	0.57	0.59	0.57	0.55	0.48	0.46	0.40	0.43	0.39	0.35
1.25	0.70	0.64	0.67	0.64	0.62	0.54	0.52	0.47	0.49	0.45	0.41
1.50	0.76	0.69	0.73	0.70	0.67	0.60	0.57	0.52	0.54	0.50	0.45
2.00	0.85	0.76	0.82	0.78	0.74	0.68	0.64	0.60	0.61	0.57	0.52
2.50	0.92	0.81	0.88	0.83	0.79	0.73	0.69	0.65	0.66	0.63	0.57
3.00	0.96	0.84	0.92	0.87	0.82	0.77	0.73	0.69	0.70	0.66	0.61
4.00	1.03	0.89	0.98	0.92	0.86	0.82	0.78	0.75	0.74	0.71	0.66
5.00	1.07	0.92	1.02	0.95	0.89	0.85	0.81	0.78	0.77	0.75	0.69

Tabla 14. Valores de reflectancia en paredes y techos

Esta tabla proporciona el elemento de uso de la estancia para distintas mezclas de los elementos de la estancia y las reflectancias. La iluminancia  $E$  solicitada en un lugar de área  $a \times b$ , se consigue con  $n$  luminarias que poseen una validez  $\eta_{LB}$  y con lámparas con un flujo luminoso,  $\Phi$

### Lámpara actual

Lámpara fluorescente de vapor de mercurio

$P = 36 \text{ w}$

$\Phi = 2500 \text{ lumen}$

### Reflectancias

$\rho_{\text{Techo}} = 0.7$

$\rho_{\text{Pared}} = 0.5$

$\rho_{\text{Superficie de trabajo}} = 0.2$

$\eta_R = 0.8$

**Cálculo del índice de local, k:**

$$k = \frac{a * b}{h * (a + b)} = \frac{35 * 135}{3.15 * (35 + 135)} = 8.82$$

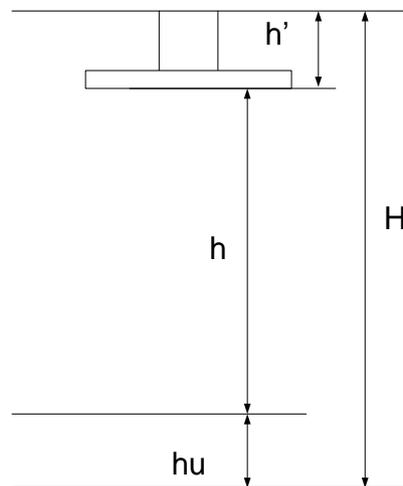
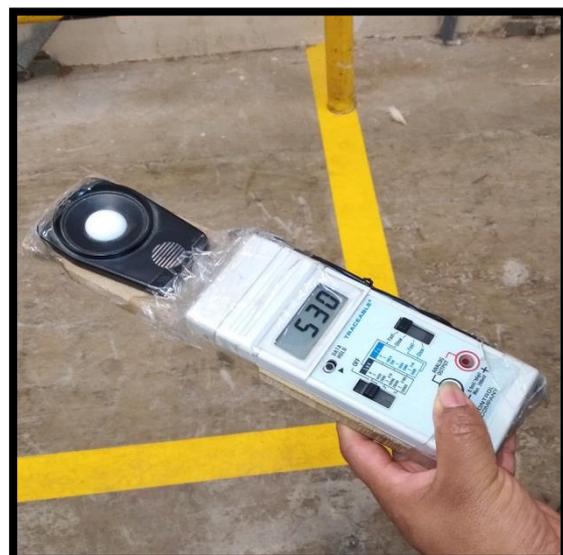


Figura nr.: Alturas de trabajo en Hall nr. 4 Creditex

Nota: se utiliza 750 lux, que es el valor normado de iluminación para el Hall nr. 4, según normas de iluminación en función de actividad.

Actualmente se tienen 2016 lámparas fluorescentes a una altura de 5 m teniendo una observándose que se obtiene una iluminación promedio de 530 Lux, menor a la necesaria y recomendada de acuerdo a normas, que es de 750 Lux.



### CALCULO DEL FLUJO LUMINOSO TOTAL NECESARIO.

Utilizando 750 lux, que es el valor normado de iluminación para el Hall nr. 4, según normas de iluminación en función de actividad.

Para ello se aplica la formula vista anteriormente:

$$\Phi_t = \frac{E * a * b}{\eta_{LB} * \eta_R}$$

**Reemplazando valores:**

$$\Phi_t = \frac{750 \text{ Lx} * (35 * 135)}{0.80 * 0.95} = 4\ 662\ 828.95$$

El flujo luminoso total necesario es de 4 662 828.95 lúmenes

### CALCULO DEL NUMERO DE LUMINARIAS.

Propuesta de mejora: cambio de lámpara fluorescente con vapor de mercurio por fluorescente LED.

Lámpara seleccionada:

Fluorescente LED, P = 26 w, U = 220 V, 142.2 lumen/w.  $\Phi_l = 3700$  lumen

Tipo: Master LED tube, marca; Philips

Cálculo del número de lámparas fluorescentes LED, para Hall nr.4:

$$N = \frac{\Phi_t}{n * \Phi_l}$$

$$n(\text{LED}) = \frac{4\ 662\ 828.95 \text{ Lx} * (35 * 135)}{3700 \text{ lm} * 0.8 * 0.95} = 1260 \text{ lámparas fluorescentes LED}$$

Potencia total con lámparas LED:

$$P_T = N_{\text{LED}}(\text{Piezas}) * P_{\text{unit}} \left( \frac{w}{\text{pieza}} \right)$$

$$P_T = 1260 \text{ piezas} * 26 \frac{w}{\text{pieza}} = 32760 \text{ w} = 32.760 \text{ kw}$$

## Emplazamiento de los fluorescentes LED

Cuando se logra el resultado del mínimo número de lámparas necesitadas, procediéndose a repartirlas en la habitación del Hall nr. 4, por lo tanto, se busca la longitud para que las luminarias sean uniformemente instaladas. En lugares rectangulares, los lumínicos son distribuidos uniformemente en filas paralelas a los ejes de simetría del local utilizando las ecuaciones siguientes:

$$N_{\text{Luminarias}} = \frac{\Phi_t}{n * \Phi_L} = \frac{4\ 662\ 828.95 \text{ lumen}}{2 * 3700 \text{ lumen}} = 630 \text{ Luminarias dobles}$$

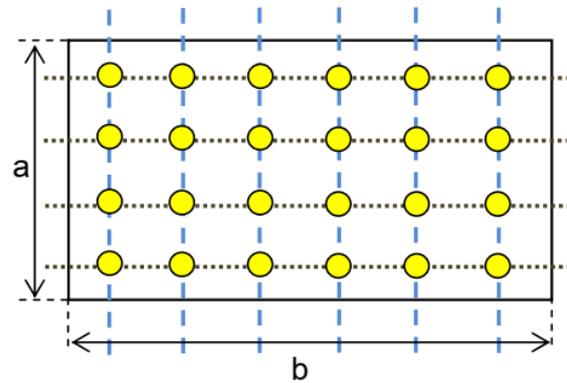
$$N_{\text{ancho}} = \sqrt{\frac{N_{\text{total}}}{b} \cdot a}$$

*Ecuación 3.  
Número de filas de luminarias a lo ancho (a) del local*

$$N_{\text{largo}} = N_{\text{ancho}} \cdot \left(\frac{b}{a}\right)$$

*Ecuación 4.  
Número de columnas de luminarias a lo largo (b) del local*

a = ancho del local (en m)  
b = largo del local (en m)



*Figura 7. Distribución uniforme de luminarias*

Número de filas de luminarias en Hall nr. 4

$$N_{\text{ancho}} = \sqrt{\frac{N_{\text{total}}}{b} * a}$$

$$N_{\text{ancho}} = \sqrt{\frac{630}{135} * 35} = 12.78 = 13 \text{ filas}$$

Número de columnas de fluorescentes en Hall nr. 4

$$N_{\text{largo}} = N_{\text{ancho}} * \left(\frac{b}{a}\right) = 13 * \left(\frac{135}{35}\right) = 50.14 = 50 \text{ columnas}$$

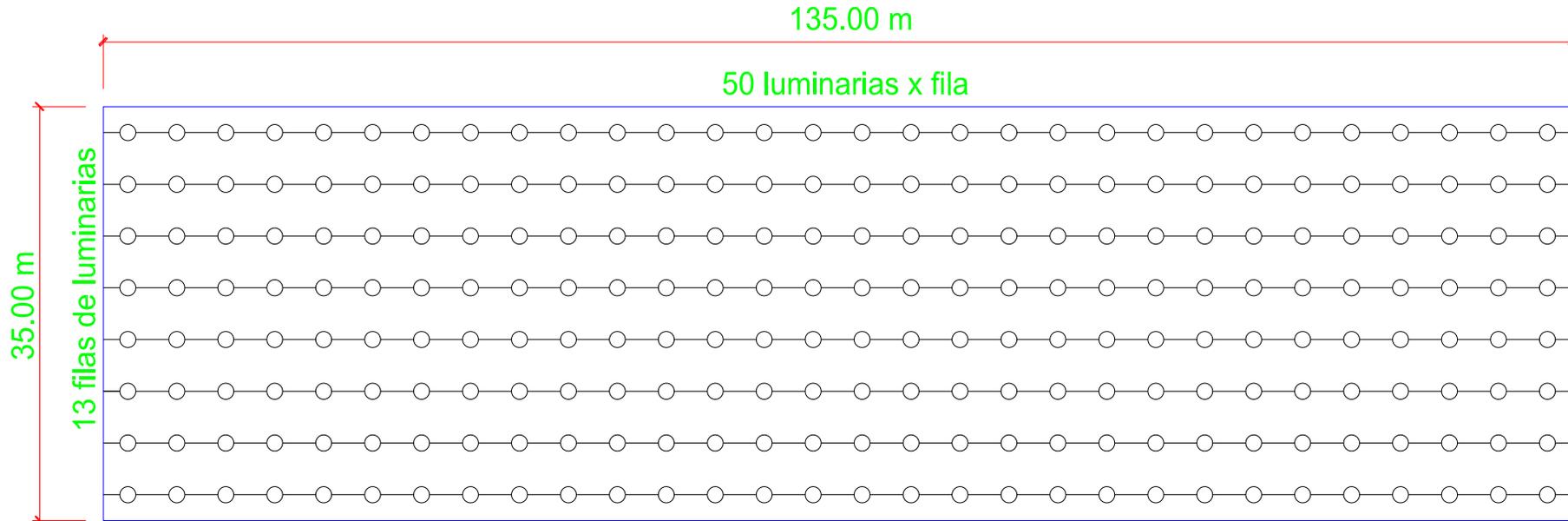


Figura 14. distribución de fluorescentes LED en Hall nr. 4 Creditex. Elaboración propia

Entonces, la nueva distribución de luminarias será del siguiente modo:

- 13 luminarias x columna de 52 watts de potencia
- 50 columnas de luminaria

Paso longitudinal entre luminarias, Slargo:

$$S_L = \frac{a - 2 * l1}{N_{Largo}} = \frac{135 - 2 * 1.2}{58} = 2.66 \text{ m}$$

Paso transversal entre luminarias, Sancho:

$$S_L = \frac{b - 2 * l2}{N_{ancho}} = \frac{35 - 2 * 1.2}{13} = 2.53 \text{ m}$$

Tipo de luminaria	Altura del local	Distancia máxima entre luminarias
intensiva	> 10 m	$e \leq 1.2 h$
extensiva	6 - 10 m	$e \leq 1.5 h$
semiextensiva	4 - 6 m	
extensiva	$\leq 4 m$	$e \leq 1.6 h$

Tabla. Relación entre la altura del local y la distancia máxima entre luminarias.

En el presente caso:  $e_{max} = 1.6 * 3.15m = 5.19 m$ , mayor que 4 m.

### Cálculo del circuito eléctrico de iluminación con lámparas LED:

El tablero de distribución eléctrico se empleara 6 circuitos de alumbrado será 12 col. De 13 luminarias dobles por columna, que cada equipo será una potencia de 52w.

El cálculo de cada circuito será 13 luminarias por dos columnas= 26 luminarias dobles por 52w = 1352.

$$I_2 = \frac{1352 w}{220 V * 0.98} = 6.27A$$

Cable: THW, S = 5.26 mm<sup>2</sup>, en tubo, T<sub>máx</sub> = 75 °C, I<sub>n</sub> = 35 A

Potencia total, en tableros de distribución de lámparas: 156 luminarias dobles \*52 = 8112W.

Tensión de línea, en bornes de lámparas: 220 V

Factor de potencia: 0.98

Intensidad de línea, con luminarias LED:

$$I_2 = \frac{8112 w}{\sqrt{3} * 220 V * 0.98} = 21.74 A$$

$$I_d = 1.25 \quad I_2 = 27.18$$

### Temperatura de operación máxima

$$T_{máx} = T_0 + (T_n - T_0) * \alpha^2$$

$$\alpha = \text{Indice de carga del conductor: } \frac{I_2}{I_n} = \frac{22}{35} = 0.62$$

$$T_{máx} = 30 + (75 - 30) * 0.62^2 = 47.30 \text{ °C}$$

$$\frac{T_{máx}}{T_n} = 47.3/75 = 0.6306$$

La temperatura máxima en conductor será el 63.06 % de la temperatura máxima

**Caída de tensión en conductor:**

$R_L$  = resistencia de línea =  $0.0234 \Omega$

Reemplazando en la ecuación de caída de tensión de línea:

$$\Delta U = \sqrt{3} * 0.0234 \Omega * 22 A = 0.85 V$$

Caída de tensión porcentual en conductor:

$$\Delta U [\%] = \frac{0.85}{220} * 100 = 36 \%$$

Potencia perdida en conductor, Línea A; con lámparas LED:

$$P_{P-A} = 3 * R_L * I_L^2 * 10^{-3} [\text{kw}]$$

$$\rightarrow P_{P-A} = 3 * 0.0234 \Omega * 22^2 A^2 * 10^{-3} = 0.034 [\text{kw}]$$

Es viable técnicamente el reemplazar lámparas fluorescentes por lámparas LED

**Calculo de software dialux** en 3 escenas diferentes noche, día nublado, día con sol y haci poder tener un cálculo con mayor exactitud de acuerdo la norma que se utilizó en 750 lúmenes. (Ver Anexo N° 2)

### **Determinación del modelo de control automático adecuado para un sistema de iluminación industrial.**

Se hará en dos situaciones:

Control de iluminación para aprovechar luz día.

En este caso se aplicará a las luminarias cercanas a las ventanas que dejan ingresar la luz natural, durante las horas de sol

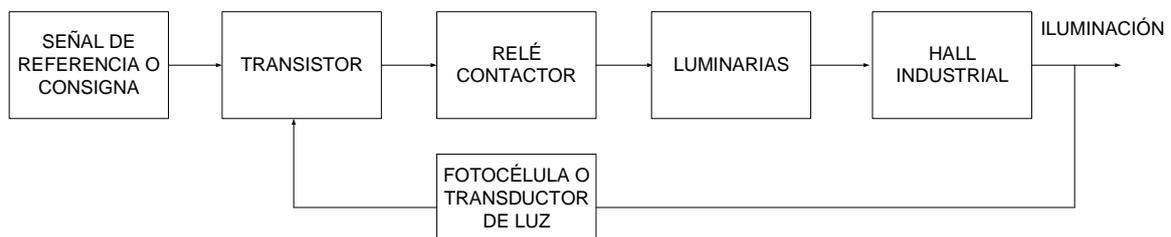
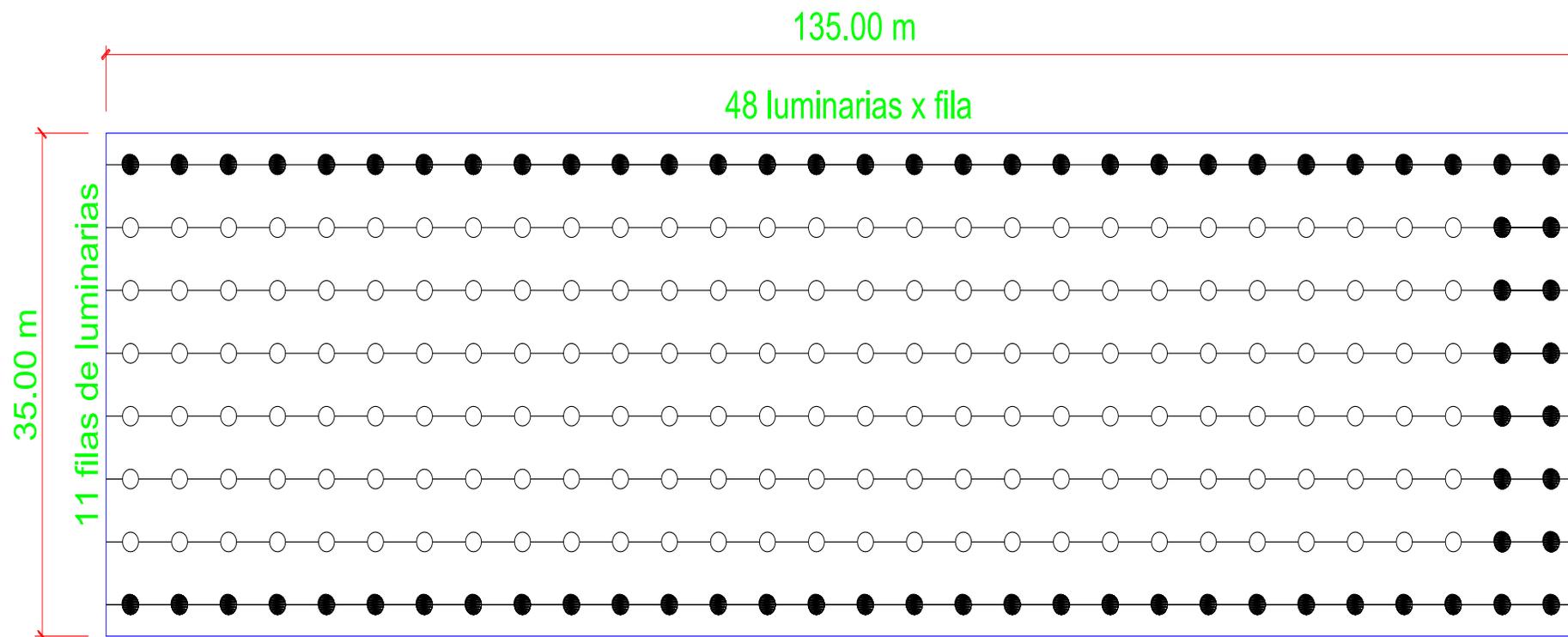


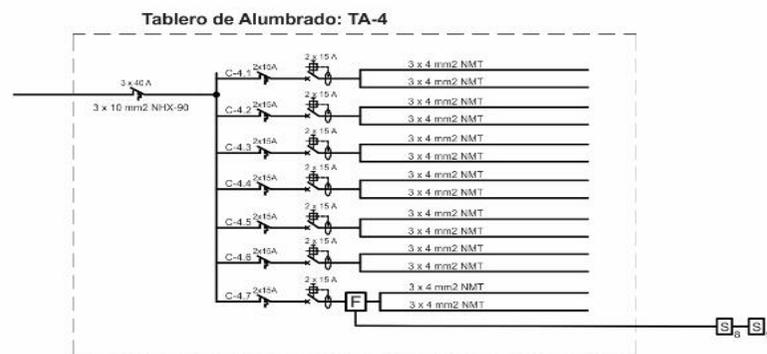
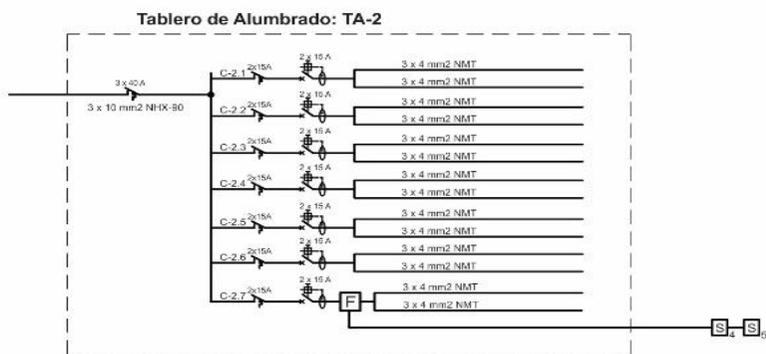
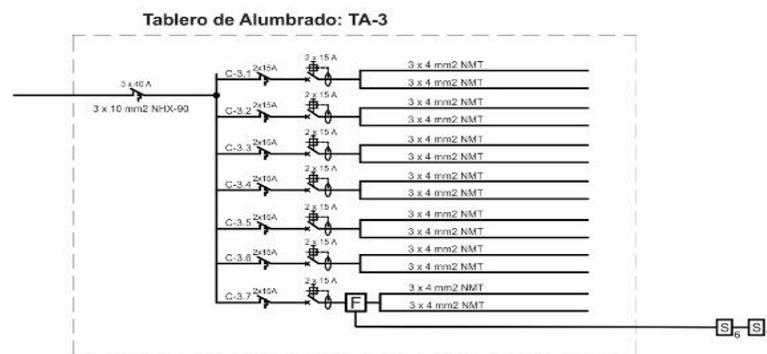
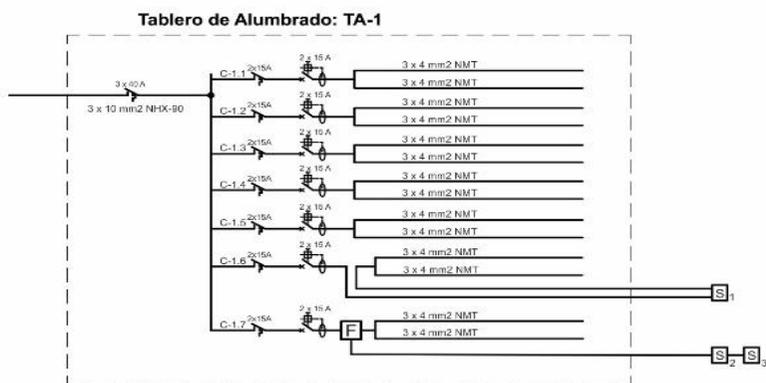
Figura 15.: Bucle de control automático de iluminación Hall nr. 4 de Creditex

## VISTA PARCIAL DE DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS



Calculo de software gráficos (Ver Anexo N° 2)

### DIAGRAMAS UNIFILARES

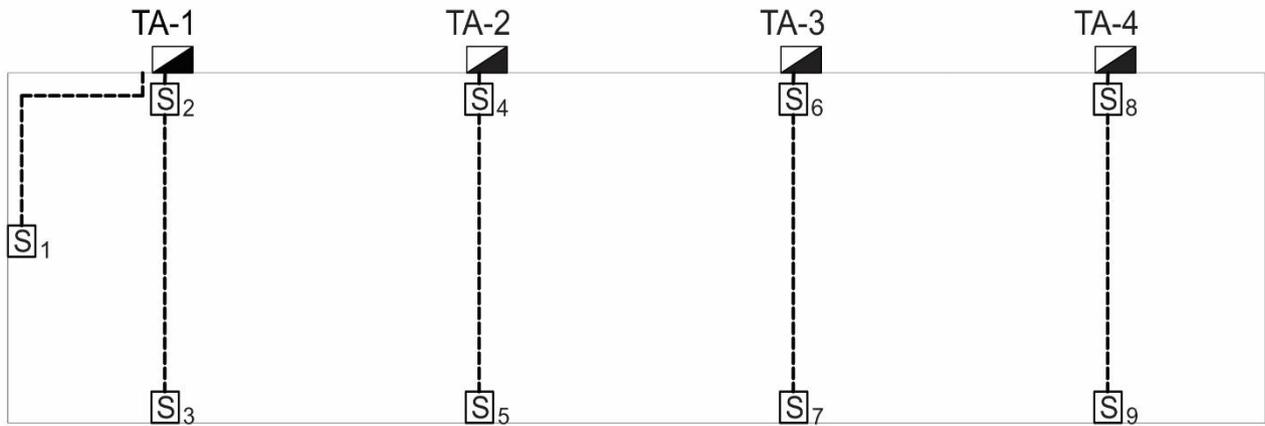


**LEYENDA**

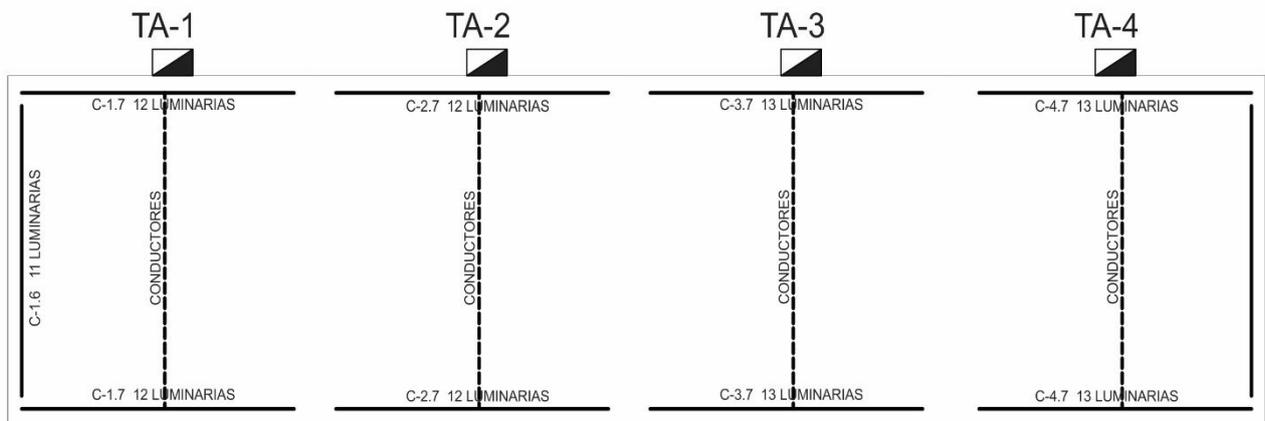
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Contactor Crepuscular
	Sensor del Contactor Crepuscular
	Interruptor diferencial - Monofásico: Ir = 30 mA Da Capacidad Indicada
	Interruptor Termomagnético de Especificación Indicada

<b>AREAS COMUNES GALERIA COMERCIAL</b>		<b>IE-01</b>	
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	
PROYECTO	INSTALACIONES ELECTRICAS	FECHA	1/1/22
ELABORADO	TRABAJO	EDIFICIO	ALBAZARON
REVISADO	LA UNIDAD	PROYECTISTA	ING. JUAN CARLOS GARCIA

### ESQUEMA DE UBICACIÓN DE FOTOCONTACTORES



### ESQUEMA DE UBICACIÓN DE CIRCUITOS DE APAGADO AUTOMÁTICO

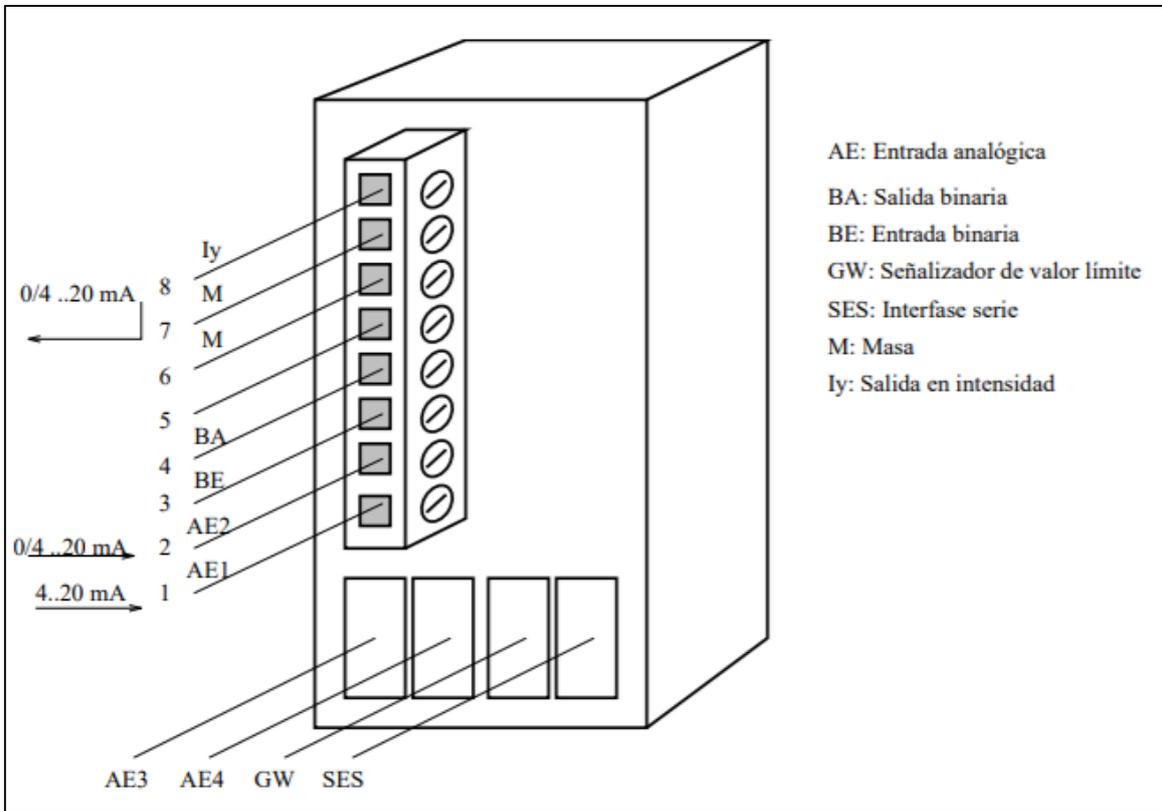


**Transmisor Luxómetro****Salida 4-20 mA**

CODIGO	CODIGO
<b>D805630K</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Rango de medición</b> : 3 rangos seleccionables: 0 - 2.000 LUX 0 - 20.000 LUX 0 - 200.000 LUX</li> <li>• <b>Salida</b> : 4 - 20 mA</li> <li>• <b>Precisión (a 25°C)</b> : ±3% FSD</li> <li>• <b>Tiempo de respuesta</b> : Aprox. 300 mseg</li> <li>• <b>Calibración</b> : Zero y Span</li> <li>• <b>Alimentación</b> : 9 - 32 VDC, 150 mA</li> <li>• <b>Temperatura ambiente</b> : -40...+ 65 °C</li> <li>• <b>Caja</b> : Plástico ABS, a prueba de intemperie</li> <li>• <b>Tamaño</b> : Transmisor: 90 x 54 mm Sensor: 25 x 44 mm</li> <li>• <b>Cable del sensor remoto</b> : Largo 3m</li> </ul>

**LUX:** Unidad de medida para la intensidad luminosa**FSD:** Rango total**Fuente:** [www.veto.cl](http://www.veto.cl)

**Controlador ON FF y PID de luz**



## Especificaciones de alimentación

<b>Alimentación</b>	Cat. de sobretensión III (IEC 60664-1, par. 4.3.3.2)
Tensión nominal de funcionamiento	115-240 VCA
<b>Tensión de funcionamiento</b>	115-240 VCA +/-10%
<b>Potencia nominal de funcionamiento</b>	9 VA
<b>Conexión</b>	2xL y 2xN (2 pares de terminales conectados internamente)
<b>Retardo a la conexión</b>	Típico de 5 s
<b>Retardo a la desconexión</b>	Típico de menos de 1 s

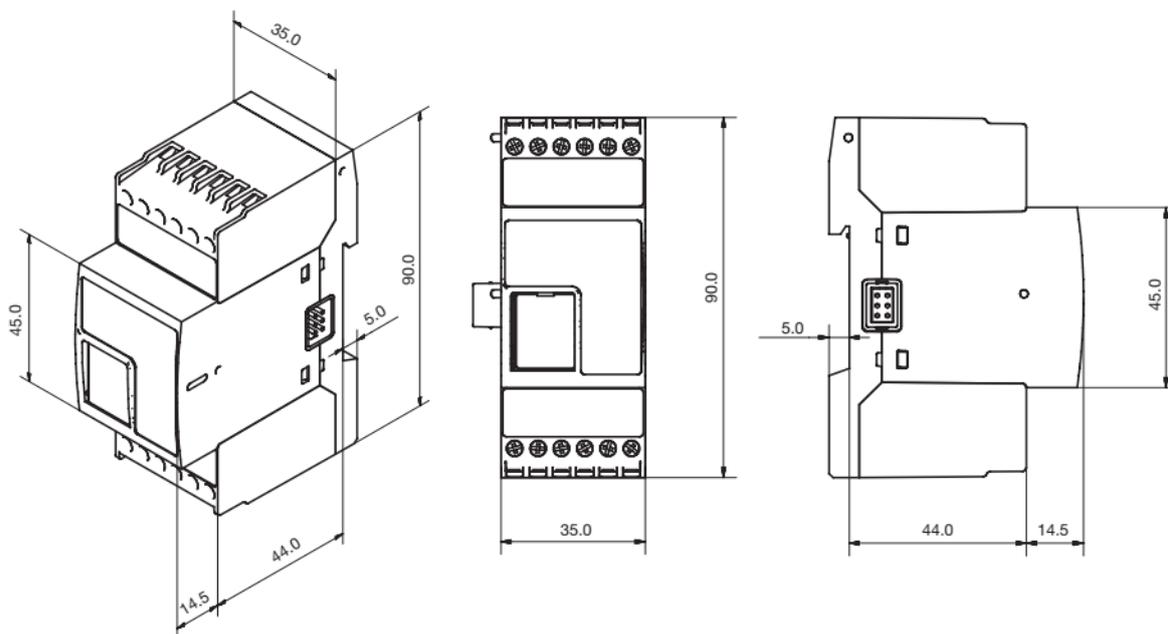
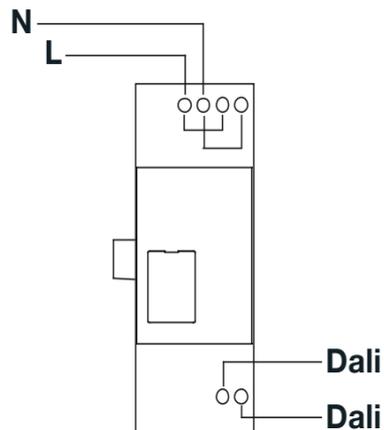


Figura 16. Dimensiones de controlador Dali de luz. Fuente:

[https://www.gavazzionline.com/pdf/SB2DALI230\\_spa.pdf](https://www.gavazzionline.com/pdf/SB2DALI230_spa.pdf)

**1.1. Análisis económico calculando monto de inversión, costos de operación y beneficios de una adecuada instalación.**

**1.1.1. Inversiones**

Inversiones en activos, MO, Obras civiles y accesorios eléctricos para Implementación Mejora Iluminación Hall nr. 4 Creditex SAC					
Item	Denominación	Cantidad	U. M.	Costo unit.	Sub Total
				Soles/UM	Soles
1	Controlador de iluminación, salida ON Off 4...20 ma	1	Pieza	1500	S/1,500
2	Contacto electromagnéticos trifásicos, 75 A	1	Pieza	450	S/450
3	Transmisor de luz, 0...2000 lux. Salida 4...20 mA	1	Pieza	3520	S/3,520
4	Indicador de iluminación, 0...2000 lux	1	Pieza	3760	S/3,760
5	Mano de Obra instalación equipos y accesorios eléctricos, luminarias y control automático	1	Glb	10000	S/10,000
6	Capacitación del personal en circuitos, planos eléctricos y control de iluminación	1	Glb	3500	S/3,500
7	Preparación de planos nuevos unifilares, en Auto Cad	1	Glb	500	S/500
8	Fluorescentes LED, 220 V, 3650 lumen, 26 w con balasto electrónico	650	Piezas	120	S/78,000
				Total	<b>S/101,230</b>

### 1.1.2. Beneficio económico

Se obtendrá por poner fuera de servicio las luminarias que serán instaladas cerca a las ventanas y que serán influenciadas por la luz solar.

Número de lámparas fluorescentes LED del circuito de control:

122 luminarias de 2 fluorescentes de cada equipo.

Potencia unitaria de lámpara fluorescente LED: 26 w

Potencia eléctrica a controlar: 122 piezas LED\*52 w/LED = 6400 w = 6.34 kw

Tiempo promedio estimado de puesta fuera de servicio LED de cercanía a Luz día: 5 h/d \*

170 + 7.5 h/día\*195 = 2312.5 h/año

Energía eléctrica a ser ahorrada por control de iluminación:

6.344 kw \* 2312.5 h/año = 14670 kw-h/año

Energía eléctrica a ahorrar por cambio de tipo de fluorescentes:

Potencia actual: 72.576 kw

Potencia con LEDs: 33.800

Potencia a ahorrar por cambio de Luminarias: 72.576 – 33.800 = 38.776kw

Tiempo de operación: 8760 – 2312.5 = 6447.5 h/año

Energía eléctrica a ser ahorrada por control de iluminación:

38.776 kw \* 6447.5 h/año = 250,008.26 kw-h/año

Total energía eléctrica a ser ahorrada por cambio de luminarias y automatizar iluminación

LED en Hall nr. 4 de Creditex:

$$EE_{a \text{ Ahorrar}} \left( \frac{\text{kw} - \text{h}}{\text{año}} \right) = EE_{\text{ahorrada-automatización}} + EE_{\text{Ahorrada cambio luminaria}}$$

$$\rightarrow EE_{a \text{ Ahorrar}} \left( \frac{\text{kw} - \text{h}}{\text{año}} \right) = 14,670 + 250,008.26 = 264,678.26 \frac{\text{kw} - \text{h}}{\text{año}}$$

Precio de compra de la energía eléctrica, opción tarifaria MT3: 0.21 soles/kw-h

Beneficio económico por mejora del sistema de iluminación en Hall nr. 4, Creditex:

$$B_{\text{económ-EE}} \left( \frac{\text{Soles}}{\text{año}} \right) = EE_{T-\text{Ahorrada}} \left( \frac{\text{kw} - \text{h}}{\text{año}} \right) * \text{Precio}_{EE \text{ activa}} \left( \frac{\text{Soles}}{\text{kw} - \text{h}} \right)$$

$$\rightarrow B_{\text{económ-EE}} \left( \frac{\text{Soles}}{\text{año}} \right) = 264,678.26 \left( \frac{\text{kw} - \text{h}}{\text{año}} \right) * 0.21 \left( \frac{\text{Soles}}{\text{kw} - \text{h}} \right) = 55,582.43 \frac{\text{soles}}{\text{año}}$$

**Beneficio por renovación de fluorescentes.**

Duración de fluorescentes con vapor de mercurio: 1 año

Precio de compra de fluorescente con vapor de mercurio, 36 w, 2500 lumen: 17 soles, incluye reactor

Duración de fluorescente LED: 5 años

Precio de compra fluorescente LED: 120 soles/pieza

Costo de renovación de lámparas con vapor de mercurio, en cinco años:

En lámparas fluorescentes actuales, con vapor de mercurio:

2016 piezas/año\*17 soles/pieza\*5 años: 171360 soles/en cinco años

En lámparas fluorescentes LED, incluye balasto electrónico

650 piezas\* 120 soles/pieza\* 1 periodo: 78,000.0 soles/período cinco años

Beneficio por renovación de lámparas:  $171360 - 78,000.0 = 93.360$  soles/cinco años

= 18,672 soles/año

Beneficio económico total por mejora en iluminación en Hall nr. 4 Creditex:

$55,582.43 + 18,672 = 74,254.53$  soles año

- **BENEFICIOS TANGIBLES**

<b>BENEFICIO</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>COSTO (S/)</b>
Económico y Renovación Fluorescentes	12 meses	74254.53
Rescindir de Personal Técnico encargado del área eléctrica (2)	2800.00 x 12 meses	33600.00
<b>TOTAL (S/)</b>		<b>107854.53</b>

- **BENEFICIOS INTANGIBLES**

- Contribución con el cuidado del medio ambiente.
- Posibilidad de inversión en otros rubros.
- Mejorar imagen institucional.

### 3.2 Análisis financiero

#### a) Flujo de Caja

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>AÑO 0</b>	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>	<b>AÑO 3</b>
<b>INVERSIÓN (S/)</b>				
Inversión en Activos	101230.00			
<b>COSTO TOTAL (S/)</b>	<b>101230.00</b>			
<b>BENEFICIOS</b>				
Beneficios Tangibles		107854.53	107854.53	107854.53
<b>TOTAL (S/)</b>		107854.53	107854.53	107854.53
<b>FLUJO DE CAJA (S/)</b>	<b>-101230.00</b>	<b>6624.53</b>	<b>114479.69</b>	<b>222333.59</b>

## b) Análisis de Rentabilidad

Se tomarán los datos en soles (S/) y se considerara el riesgo de capital en 8% siendo el valor para los proyectos en Ingeniería.

### 1. Valor Actual Neto (VAN)

Si  $VAN > 0$ , si el VAN es mayor a 0 se dice que el proyecto será beneficioso y se admite.

$$VAN = -A + \sum_{t=1}^n \frac{Qt}{(1+k)^t}$$

Donde:

$A$  = Desembolso inicial

$Qt$  = Flujo de caja en el periodo  $t$

$k$  = Costo capital

$n$  = Vida útil estimada para la inversión

**Reemplazamos:**

$$VAN = -101230.00 + \sum \left[ \frac{6624.53}{(1+0.08)^1} + \frac{114479.06}{(1+0.08)^2} + \frac{222333.59}{(1+0.08)^3} \right]$$

$$VAN = -101230.00 + \sum \left[ \frac{6624.53}{1.08} + \frac{114479.06}{1.1664} + \frac{222333.59}{1.259712} \right]$$

$$VAN = -101230.00 + 280776.74$$

$$VAN = 179546.74$$

**Interpretación:** VAN es  $179546.74 > 0$ , entonces la inversión que se realizara va a producir ganancias y la decisión que se debe de tomar es aceptar el proyecto.

## 2. Relación Beneficio / Costo (B/C)

Se realizará el cálculo para saber la ganancia por cada S/ 1.00 invertido.

$$BC = \frac{\text{Valor Actual}}{\text{Desembolso Inicial}}$$

$$BC = \frac{179546.74}{101230.00}$$

$$BC = 1.77$$

**Interpretación:** Se dice que por cada S/ 1.00 invertido se obtendrá una ganancia de S/ 0.77.

## 3. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Se compara con la tasa que ofrecen los bancos en este caso se tomó a la casa financiera Banco de Crédito del Perú que ofrece para sus préstamos un interés del 19% y para hallar el TIR se considera al VAN = 0.

$$TIR = -Ci + \sum_{i=1}^n \frac{(\text{Flujo de Caja})}{(1+i)^n} = 0$$

$$TIR = -101230.00 + \frac{6624.53}{(1+0.08)^1} + \frac{114479.06}{(1+0.08)^2} + \frac{222333.59}{(1+0.08)^3}$$

$$TIR = -101230.00 + \frac{6624.53}{(1+0.19)^1} + \frac{114479.06}{(1+0.19)^2} + \frac{222333.59}{(1+0.19)^3}$$

$$TIR = -101230.00 + \frac{6624.53}{(1+0.6121)^1} + \frac{114479.06}{(1+0.6121)^2} + \frac{222333.59}{(1+0.6121)^3} = 0$$

**Interpretación:** El proyecto se acepta por que el TIR (61%) es mayor a la tasa de interés del banco (19%).

#### 4. Tiempo de Recuperación del capital

$$TRC = \frac{InversionInicial}{PromedioBeneficioNeto}$$

$$TRC = \frac{101230.00}{107854.53}$$

$$TRC = 0.94$$

#### Convertir a Meses y Días

$$0.94 * 12 \text{ Meses} = 11.28$$

$$0.28 * 31 \text{ Dias} = 8.68$$

**Interpretación:** El tiempo de recobro del capital será de 11 meses con 8 días.

<b>ANÁLISIS DE RENTABILIDAD</b>	
<b>VAN</b>	S/ 179546.74
<b>B/C</b>	S/ 1.77
<b>TIR</b>	61%
<b>Recuperación del Capital</b>	11 meses y 8 días

## IV. DISCUSIÓN

### **1. Héctor Ignacio Gagliardi , en trabajo: “Determinación de la iluminancia media y depreciación de instalaciones de alumbrado urbano mediante registro móvil de datos”**

Diseña un sistema de medición para responder a una nueva metodología de seguimiento y control basado en la evaluación del estado de depreciación de las instalaciones. Esta metodología de control define al factor FM como parámetro de medición y evaluación de la depreciación existente en una instalación.

En el presente trabajo que el factor de mantenimiento relaciona a las acciones para asegurar la vida útil de las luminarias, con una frecuencia racional y que aseguren un correcto trabajo, a su mayor capacidad y su medición es a través de un luxómetro

### **2. Carlos Marino Rizzolo Roustaiyan en su trabajo: “Manual de procedimientos para la ingeniería de iluminación de interiores y áreas deportivas”**

El autor se realizan proyectos para poder evitar que la calidad en la iluminación de distintas empresas no se vea perjudicado y se pueda mantener una adecuada elección de los aparatos a manejar dentro de los factores de uniformidad sin evitar los límites establecidos. En conclusión, con todos estos parámetros nos ayudamos de dos programas utilizados facilitando el cálculo de los parámetros a utilizar.

En el presente trabajo, se procuró no descuidar la calidad de la iluminación, respetando las normas para el caso respectivo, de actividad textil

Concluye que con el cambio de tecnología de iluminación y su automatización, se obtiene los requerimientos de calidad.

### **3. Oyamel magdiel castro silva en su trabajo “Diseño de iluminación inteligente para un inmueble de oficinas “**

La iluminación inteligente es hablar de administración de energía o mejor dicho una distribución de energía por medio de micro controladores programables que hoy en día existen en el mercado, ya que con su nueva tecnología se obtiene mayor eficiencia energética que permiten a las empresas obtener grandes ahorros de energía, favoreciendo su rentabilidad y productividad en un entorno competitivo, en donde el ahorro de energía se constituye como un factor importante para sobresalir en un entorno de economías globalizadas.

La presente tesis se tiene una comparación bastante viable para este sistema automatizado con la mejora de automatizar luminarias para así poder ahorrar energía a través de mecanismos programables

## V. CONCLUSIÓN

- **Análisis del sistema actual de iluminación eléctrica de Hall nr. 4 de Creditex en base a normas técnicas.**

Se hizo el análisis de iluminación, arrojando que existe iluminación desigual en el Hall nr. 4 de Creditex, con valores de 300, 650 lux, debiendo ser, de acuerdo a norma, de 750 lux, para la actividad textil.

Se determinó que la potencia instalada en lámparas fluorescentes de vapor de mercurio, es de 72 kw, siendo un factor de costo importante, el circuito de iluminación está encendido todo el tiempo, incluso en las horas de sol, en que ingresa la luz natural.

- **Determinar capacidad y rendimientos de luminarias nuevas.**

Se determinó la capacidad de las luminarias nuevas, que deberán reemplazar a las luminarias actuales, de vapor de mercurio, que son de 220 V, 36 w cada una y de 2500 lumen, las lámparas fluorescentes nuevas, serán de tipo fluorescentes LED, de 220 V, 26 w cada una, que entregan 3698 lumen cada una y tienen rendimiento de 142.23 lumen/w, contra 69.44 lumen/w para los fluorescentes actuales.

- **Determinar el modelo de control automático adecuado para un sistema de iluminación industrial.**

Se determinó que el modelo de control automático será del tipo control on off, aplicado a las 122 lámparas fluorescentes LED que están cerca de las ventanas que dan a la avenida industrial.

Se utilizará un transmisor de luxes, que detectará y medirá la iluminancia, en lux y lo convertirá a mA, la cual será enviada al controlador.

Se empleará un controlador electrónico con microprocesador, con funciones on off y PID, con salidas de activación a switches de salida.

El elemento de control final será un Contactor electromagnético, que soportará el amperaje del conjunto de todos los fluorescentes bajo control.

- **Realizar un análisis económico calculando monto de inversión, costos de operación y beneficios de una adecuada instalación.**

En el análisis económico se determinó que el monto de inversión a realizar alcanza los 101.203 soles, según la información del banco de crédito del Perú en lo que respecta a préstamos por montos mayores a 100.000 soles hasta 150.000 el interesa cobrar anualmente es de 19 %.

El beneficio económico consta de tres componentes:

Por ahorro por automatizar y poner fuera de servicio los 122 fluorescentes del bucle de control: 14,670 soles/año

Por ahorro de EE por cambio de tipo de fluorescentes: 55.582.43soles/año

Por ahorro de EE por diferencia de vida útil de lámparas: 18,672 soles/año

Total, beneficio económico bruto: 74,254.53 soles/año

- **Realizar el análisis financiero que permita en base a los indicadores evaluar la conveniencia de realizar la inversión requerida.**

El análisis financiero arroja los siguientes resultados:

En un período de evaluación de 3 años:

Valor actual neto: 179546.75 soles

Tasa de Interna de Retorno: 61 %

Período de retorno de la inversión: 11 meses y 8 días

Tasa de interés: 19%

## RECOMENDACIONES

- Analizar si existen lámparas fluorescentes de mayor eficacia luminosa, tipo LED, que ha sido seleccionada.
- Realizar una capacitación al personal de mantenimiento eléctrico
- Preparar un Plan de Mantenimiento Preventivo eléctrico.
- Utilizar un software especializado para validar los resultados, para lo cual se ha utilizado el método de los lúmenes
- Analizar, una vez que se haya implementado el proyecto; si es posible incluir en el circuito de control a otras líneas de iluminación.
- Establecer auditorías de iluminación con una frecuencia bimensual, para monitorear los valores de iluminación
- Implementar el presente proyecto, debido a su buena viabilidad técnico y económica, por partes, primero cambiando las luminarias y luego, con la automatización.

## VII. REFERENCIAS

- Camino, J. (2012). *Criterios de diseño en iluminación y color especialización en higiene y seguridad en el trabajo. Facultad Regional Santa Fe.* . Colombia: Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional.
- Carpio, Cl. y Coviello, M. . (2012). *Eficiencia energética en América Latina y el Caribe: avances y desafíos del último quinquenio.* México D.F.
- De la Cruz Castillo, A. y Toledano, J. . (2012). *Fuentes de luz.* México: Editorial PARANINFO-ADAE.
- Fernández, L. (2002). *Luminotecnia.* México: Mc Graw Hill.
- Fernández, L. (2003). *Técnicas y aplicaciones de la iluminación.* Buenos Aires: Ariel.
- Jiménez, C. (2004). *Manuales de Luminotecnia: Luz, Lámparas y Luminarias.* México: El Manual Moderno.
- Kontz, L. (2011). *Técnicas.* México: Mc Graw Hill.
- Philips Lighting. (2009). *Fundamentos de la luz y la iluminación.* 20-21.
- Rodríguez, J. (2012). *Diseño de un Sistema de Iluminación.* Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Schneider Electric, S. (2008). *Guía de diseño de instalaciones eléctricas según Normas Internacionales IEC.* Barcelona.
- Urraca, J. (2011). *Luminotecnia tratado de alumbrado público.* México: Editorial Donostiarra S. A.

Medición de luxes en zona de tableros eléctricos, Hall nr. 4 Creditex. Autor



Medición de luxes: 300, muy bajo, Hall nr. 4 Creditex. Autor



97 luxes en zona de subestación eléctrica para Hall 4 de Creditex. Autor



618 lux en pasillos, influenciada por luz día. Autor



Medición de iluminación en pasillos de Hall nr. 4 Creditex. 657

## ANEXOS

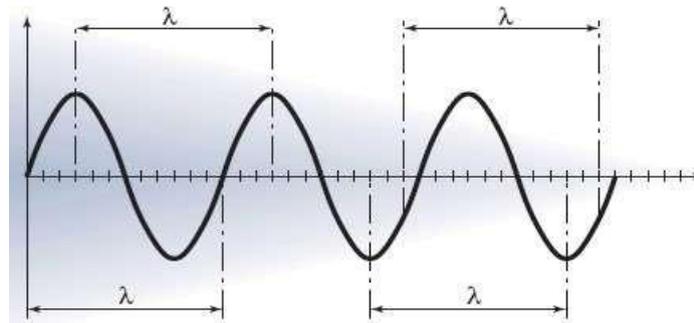


Figura 17. Longitud de onda Fuente:

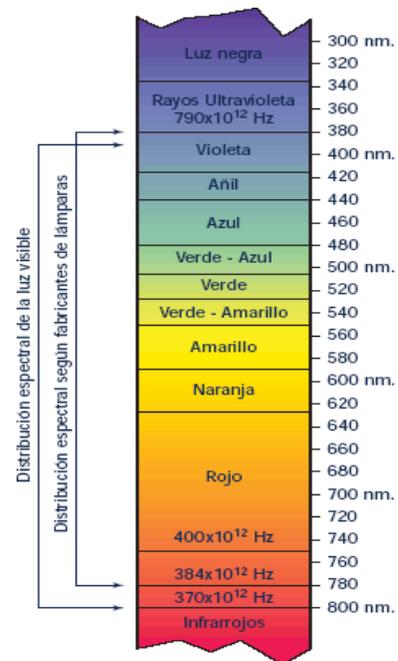


Figura 18.: Clasificación del espectro visible. El espectro electromagnético

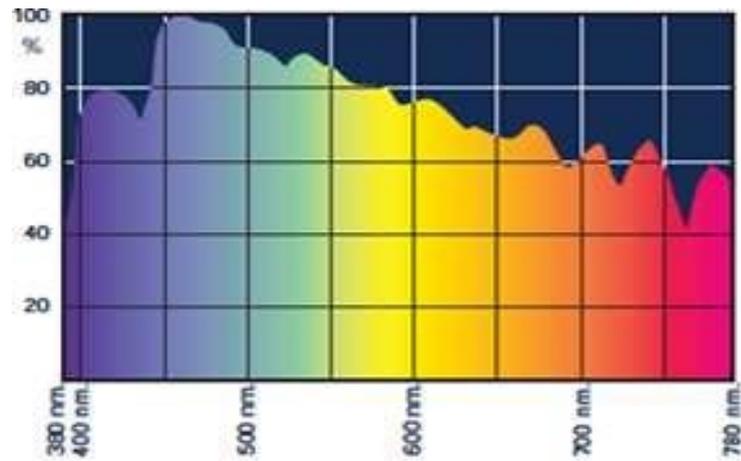


Figura 19. Distribución espectral de la luz del día normal

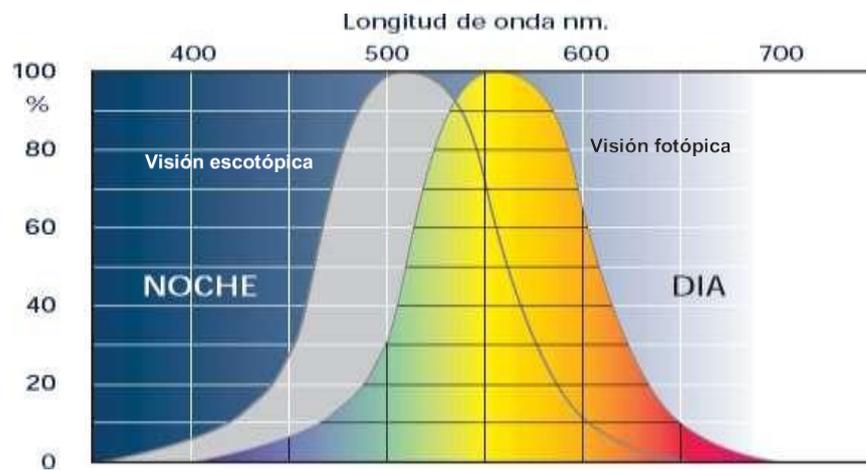


Figura 20. Curva de sensibilidad del ojo a las radiaciones monocromáticas

Fuente: Bibliografía #26

		Fondo:								
		Rojo	Naranja	Amarillo	Verde	Azul	Violeta	Negro	Blanco	Gris
Primer Plano	Rojo	Pobre	Pobre	Buena	Pobre	Pobre	Pobre	Buena	Buena	Pobre
	Naranja	Pobre		Pobre	Pobre	Pobre	Pobre	Buena	Pobre	Pobre
	Amarillo	Buena	Buena		Pobre	Buena	Pobre	Buena	Pobre	Buena
	Verde	Pobre	Pobre	Pobre		Buena	Pobre	Buena	Pobre	Buena
	Azul	Pobre	Pobre	Buena	Buena		Pobre	Pobre	Buena	Pobre
	Violeta	Pobre	Pobre	Buena	Pobre	Pobre		Buena	Buena	Pobre
	Negro	Pobre	Buena	Buena	Buena	Pobre	Buena		Buena	Pobre
	Blanco	Buena	Buena	Pobre	Pobre	Buena	Buena	Buena		Buena
	Gris	Pobre	Pobre	Buena	Buena	Pobre	Pobre	Pobre	Buena	

Figura 21. Contraste de colores.



Figura 22. Adaptación de la luz Fuente: Bibliografía #11

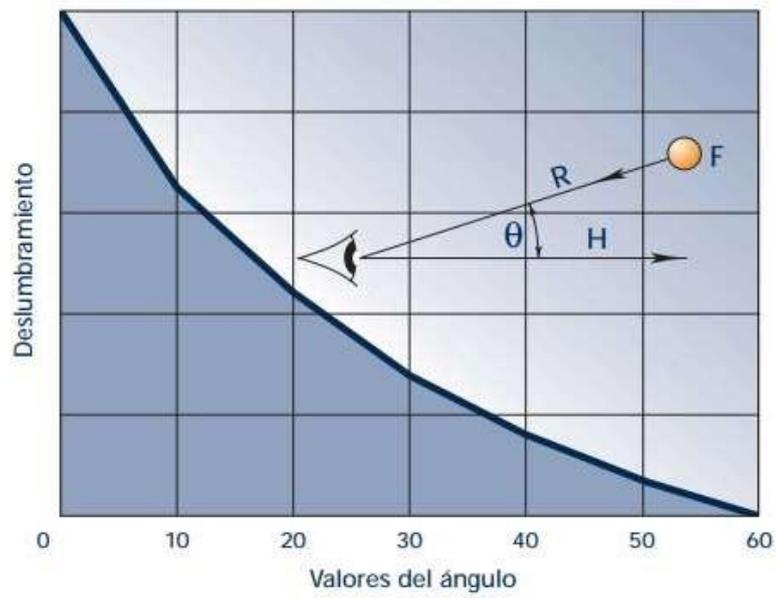


Figura 23. Deslumbramiento en función del ángulo  $\theta$  Fuente: Bibliografía #23

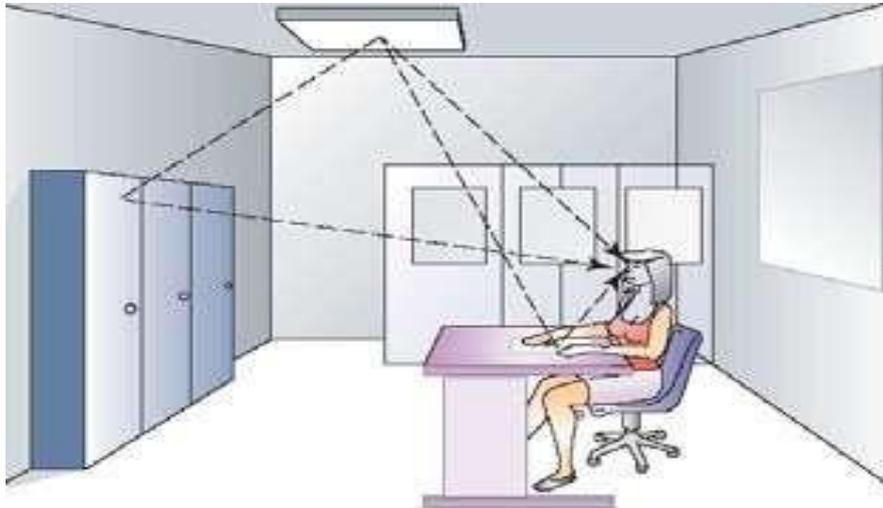
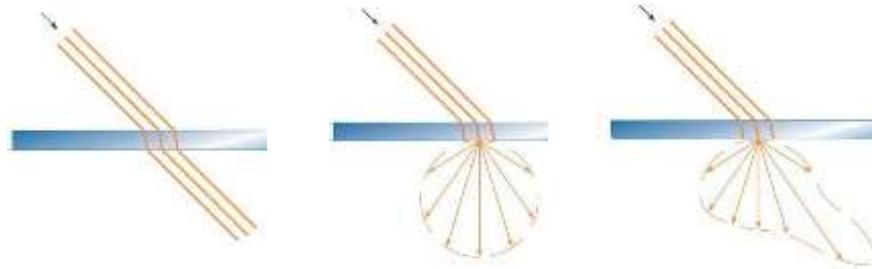


Figura 24 superficies que reflejan la luz Fuente: Bibliografía #23



### TRANSMISION REGULAR

TRANSMISION REGULAR

TRANSMISION MIXTA

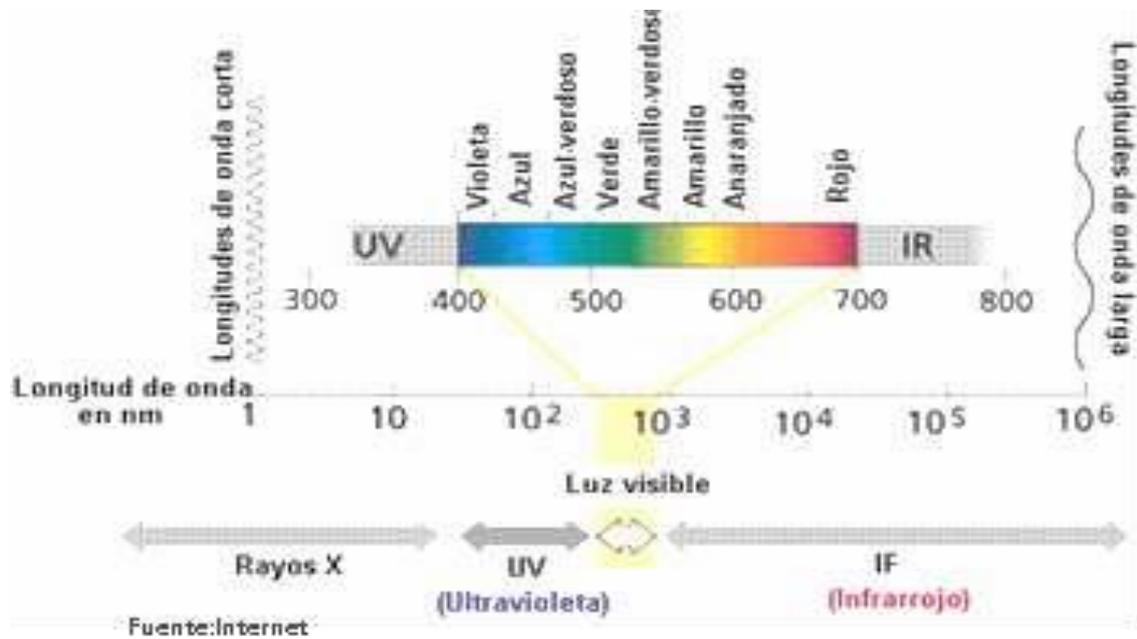


Figura 25. Componentes del espectro

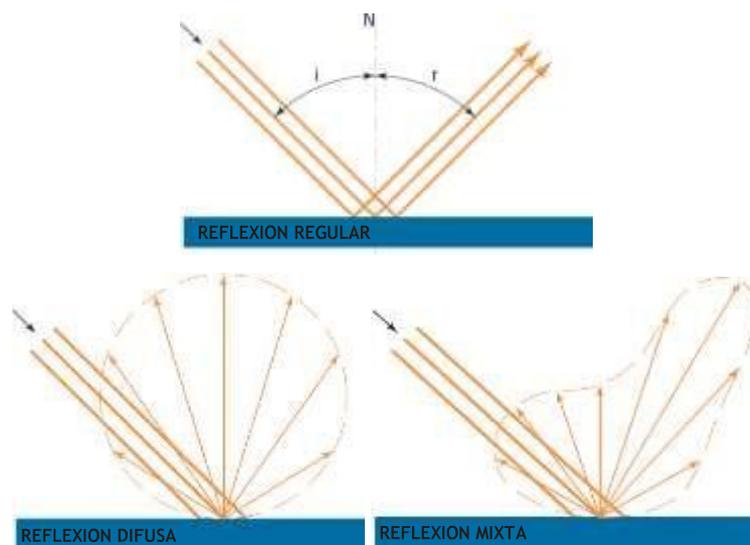


Figura 26. Tipos de reflexión

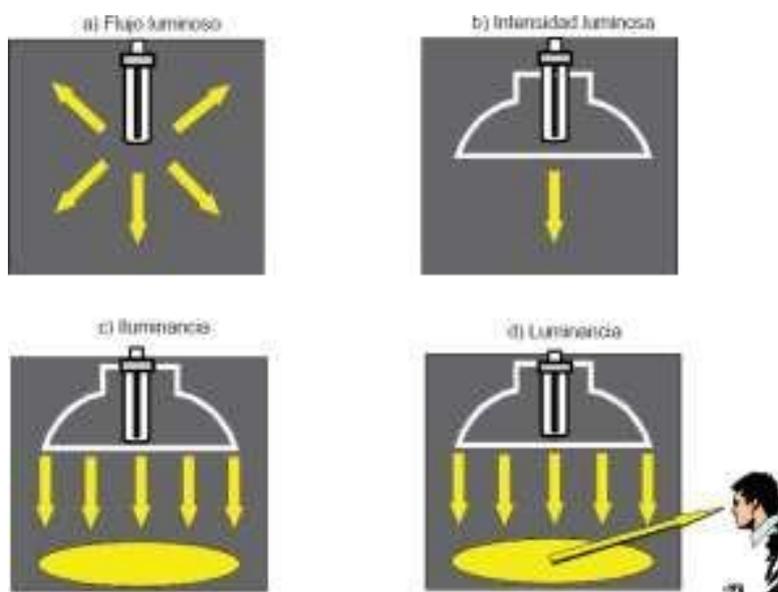


Figura 27. Magnitudes de la luz Fuente: Bibliografía #3

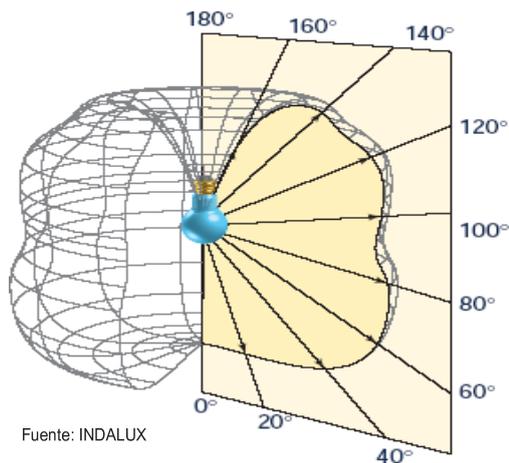


Figura 28. Gráfica del flujo luminoso Fuente: Bibliografía #24



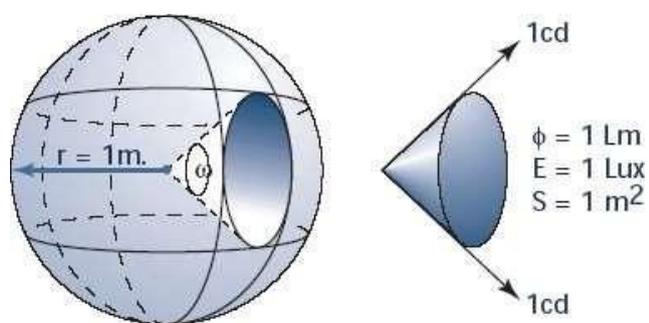
Figura 29. Clasificación del flujo luminoso Fuente: Bibliografía #9



Figura 30. Gráfica del rendimiento luminoso Fuente: Bibliografía #13



Figura 31. Diferencia entre flujo e intensidad luminosa Fuente: Bibliografía #11



$$\omega (\text{total}) = 4\pi \text{ estereorradianes}$$

Figura 32. Gráfica de intensidad luminosa Fuente: Bibliografía #22

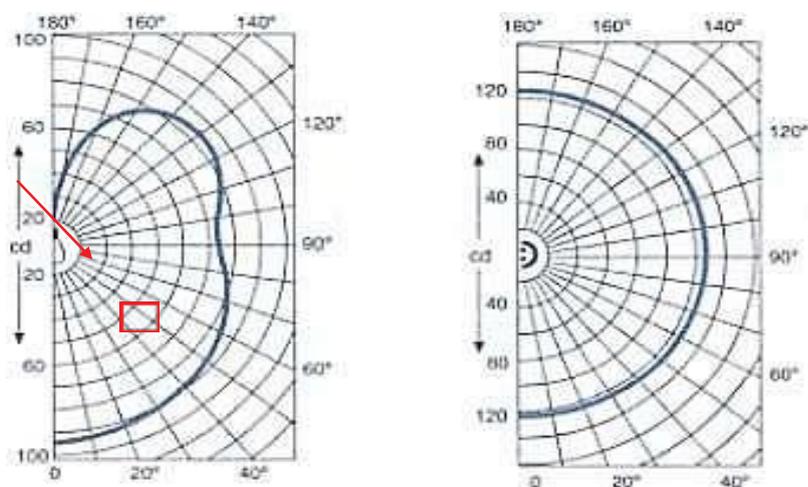


Figura 33. Curvas fotométricas de lámpara incandescente y fluorescente Fuente: Bibliografía #24

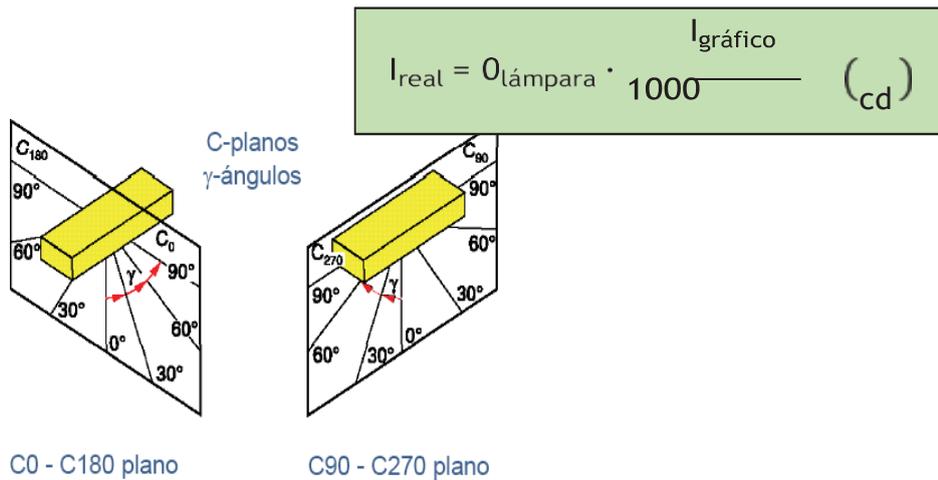


Figura 34. Vistas isométricas (C0-C180 plano/ C90-C270 plano) Fuente: Bibliografía #13

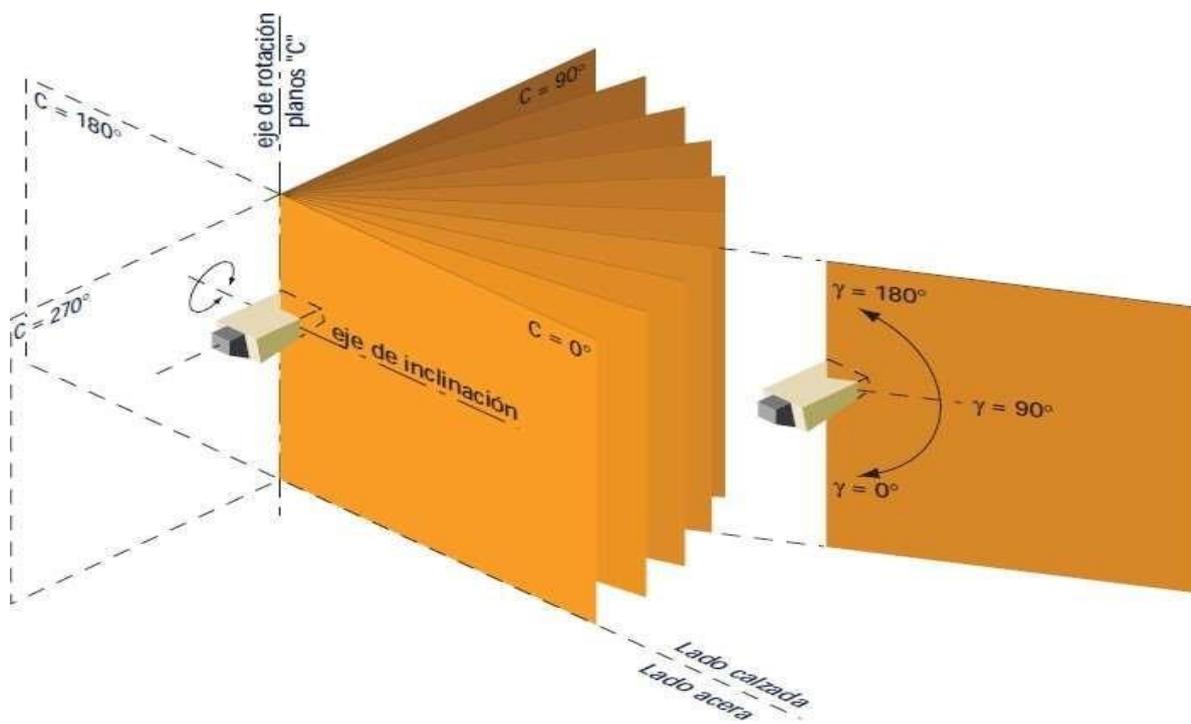


Figura 35. Vistas isométricas (C0-C90-c180 plano) Fuente: Bibliografía #16

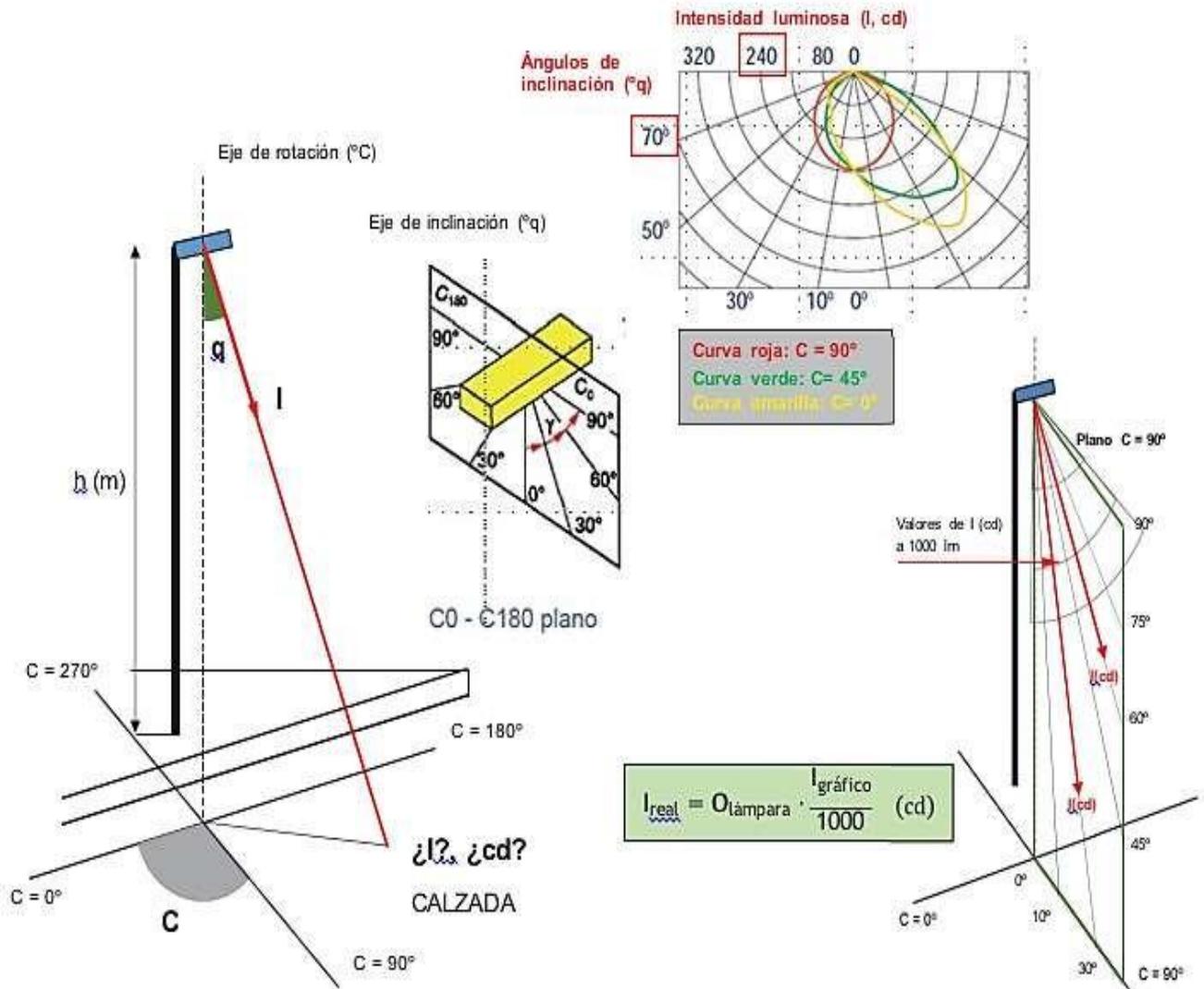
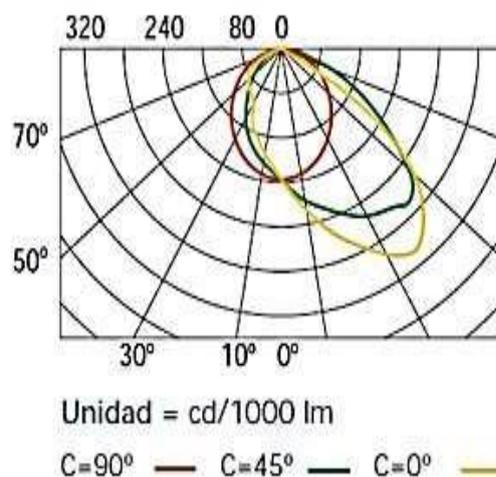
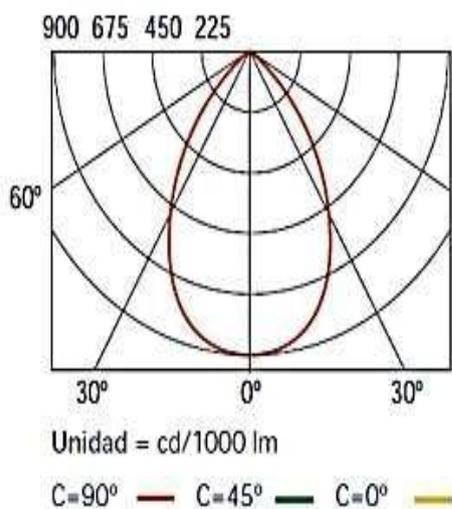


Figura 36. Curvas de distribución Fuente: Bibliografía #18

### DIAGRAMAS POLARES O CURVAS DE DISTRIBUCIÓN LUMINOSA



**Distribución simétrica.** Curvas idénticas para cualquiera de los planos meridionales (Y-Y'), por lo que una sola curva es suficiente para su identificación fotométrica.

**Distribución asimétrica.** Cada plano tiene una curva diferente, por lo que es necesario conocer todos los planos.

Figura 37. Curvas de distribución simétrica y asimétrica Fuente: Bibliografía #22

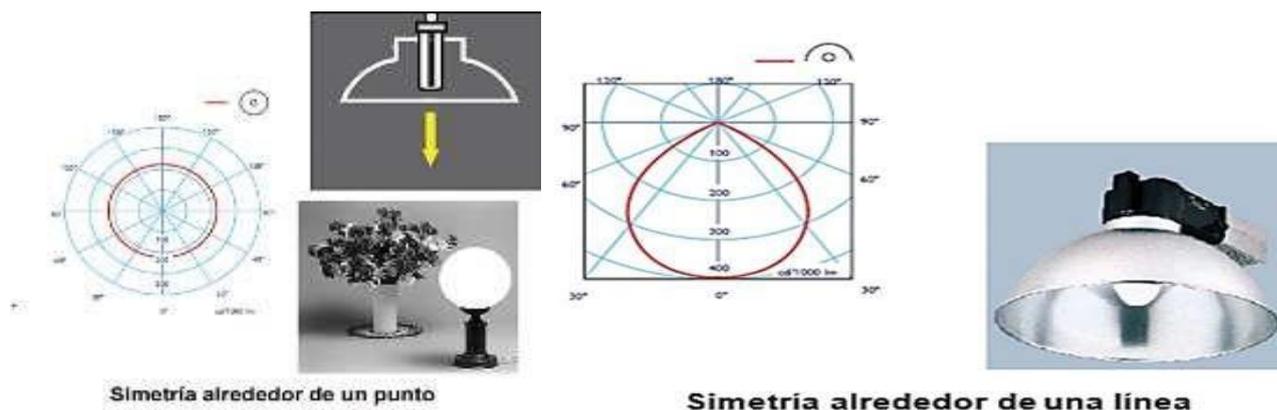
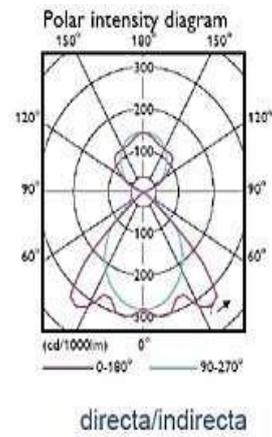
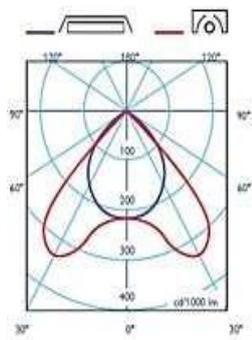


Figura 38. Curvas de distribución simétrica Fuente: Bibliografía #18



**Simetría respecto a dos planos perpendiculares**

Curvas fotométricas de varios tipos de luminarias:

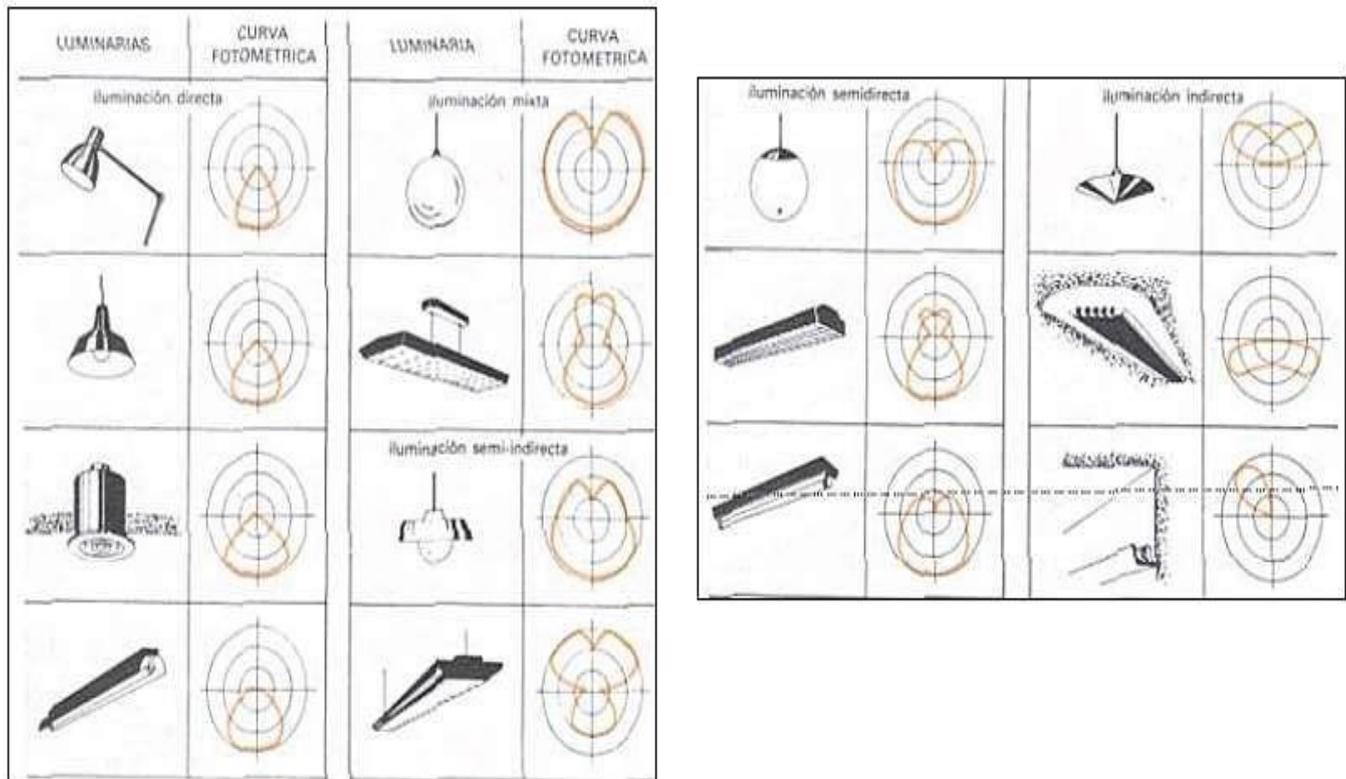


Figura 39. Curvas fotométricas de diferentes luminarias Fuente: Bibliografía #13

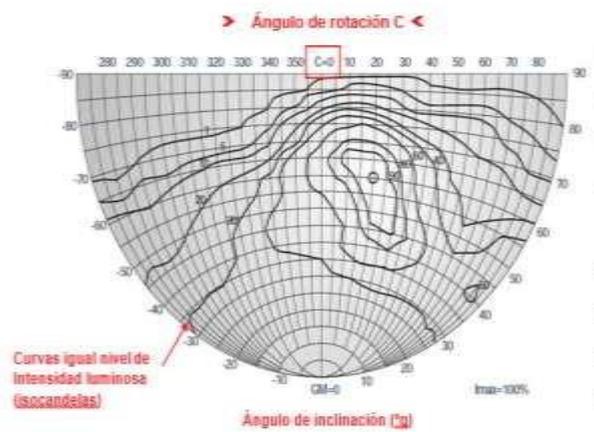


Figura 40. Curvas isocandelas Fuente: Bibliografía #18

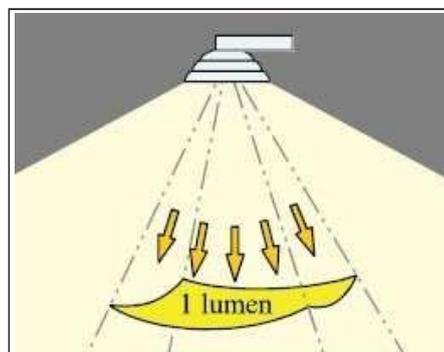


Figura 41. Proyecciones de iluminación Fuente: Bibliografía #3

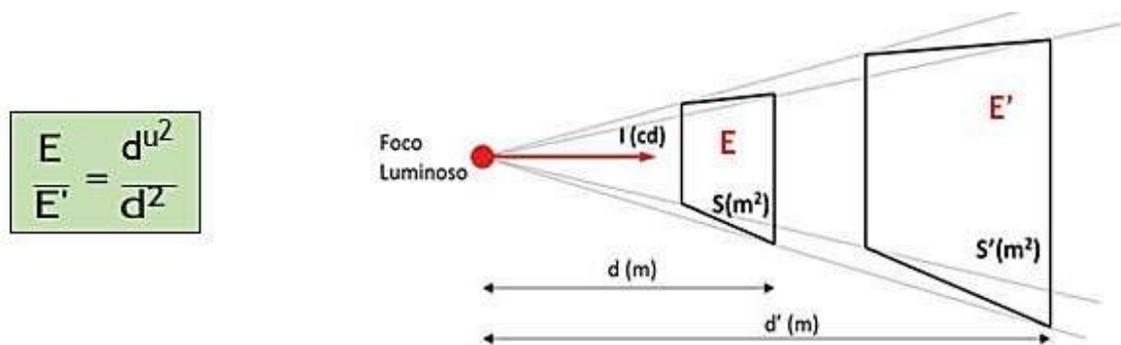


Figura 42. Haz de intensidad luminosa en superficie perpendicular Fuente: Bibliografía #26

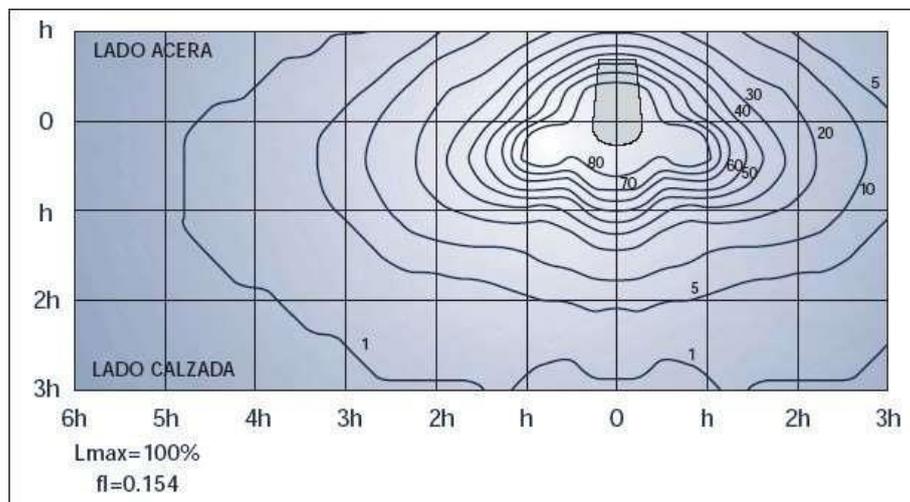


Figura 43. Curvas isolux Fuente: Bibliografía #25

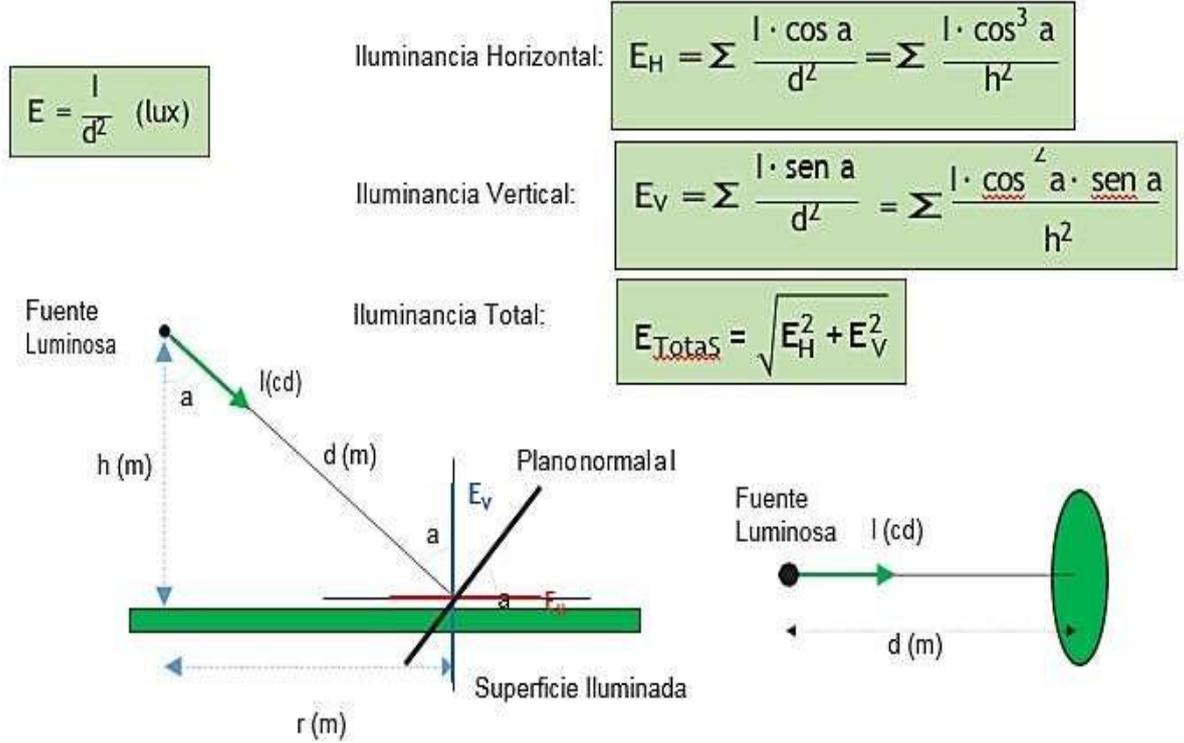


Figura 44. Representación del nivel de iluminación Fuente: Bibliografía #26

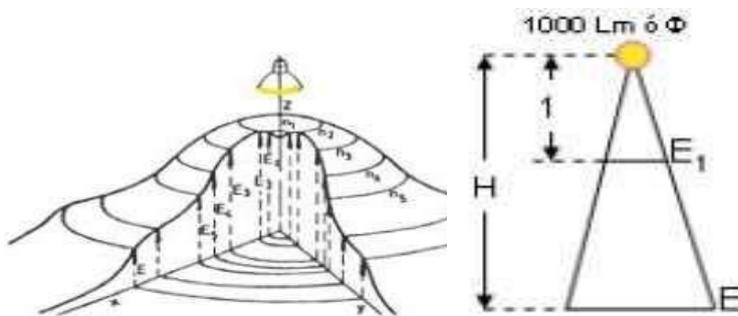


Figura 45. Valores de la curva isolux. Fuente: Bibliografía #26



Figura 46. Fluxómetro. Fuente: Bibliografía #3

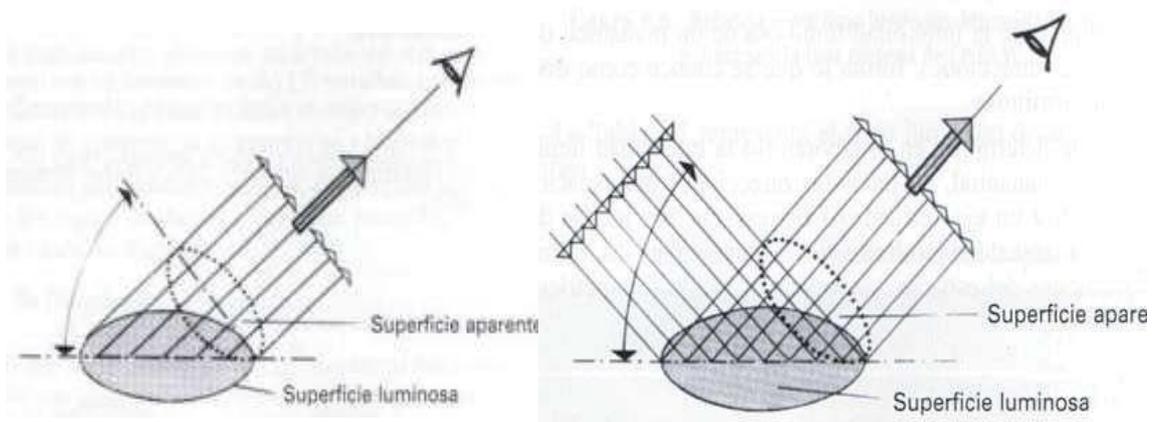


Figura 47. Incidencia de la luminancia. Fuente: Bibliografía #12

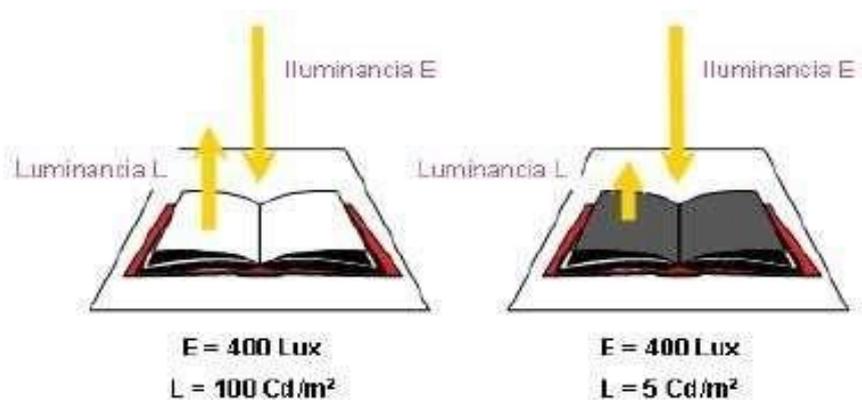


Figura 48. Incidencia de ángulos de luminancia. Fuente: Bibliografía #13

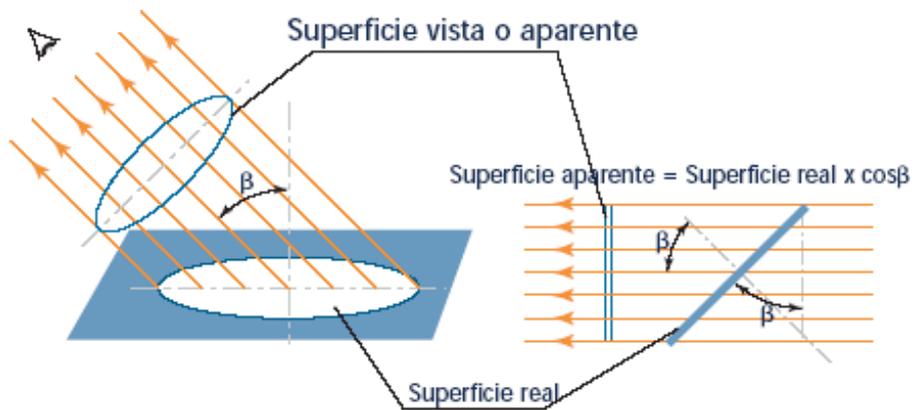


Figura 49. Luminancia en superficies no perpendiculares.

Fuente: Bibliografía #24



Figura 50. Luminancimetro.

Fuente: Bibliografía #3

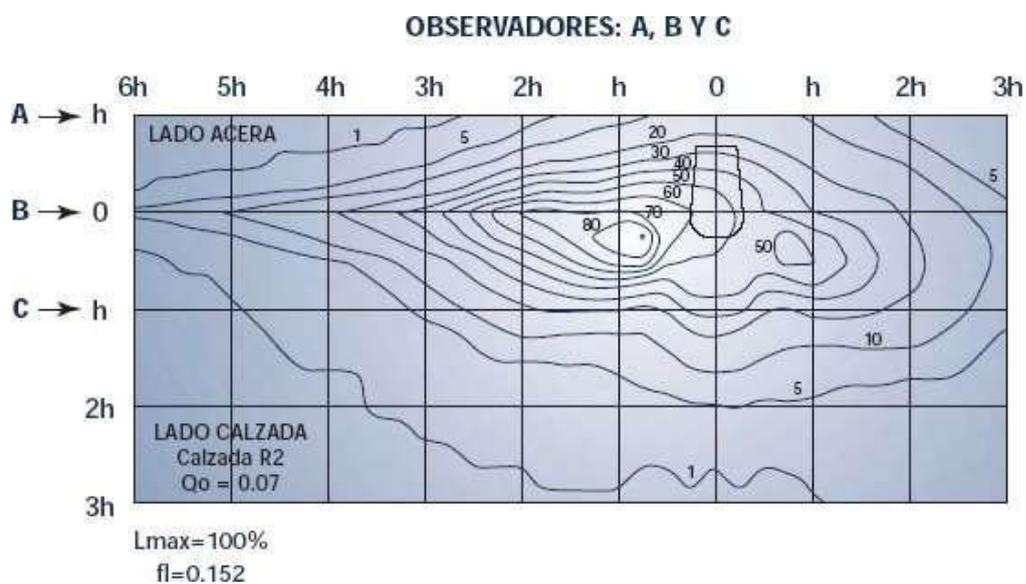


Figura 51. Curvas de isoluminancias.

Fuente: Bibliografía #3

<b>LUMINANCIA TÍPICA DE ALGUNAS FUENTES DE LUZ</b>	
Luna	$0,25 \text{ cd/cm}^2$
Cielo despejado	$0,3 \text{ a } 0,5 \text{ ''}$
Llama de una vela	$0,8 \text{ ''}$
Lámpara fluorescente	$0,8 \text{ ''}$
Lámpara incandescente "opal"	$1 \text{ a } 5 \text{ ''}$
Lámpara incandescente mate	$5 \text{ a } 50 \text{ ''}$
Lámpara de mercurio de alta presión	$11 \text{ ''}$
Filamento de lámpara incandescente	$500 \text{ a } 1.000 \text{ ''}$
Sol	$150.000 \text{ ''}$

Figura 52. Valores de luminancia en fuentes de luz. Fuente: Bibliografía #24

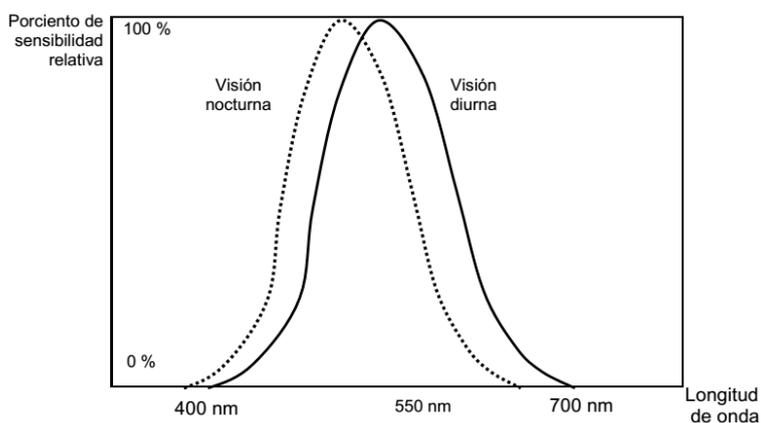


Figura 53. Curva de sensibilidad del ojo

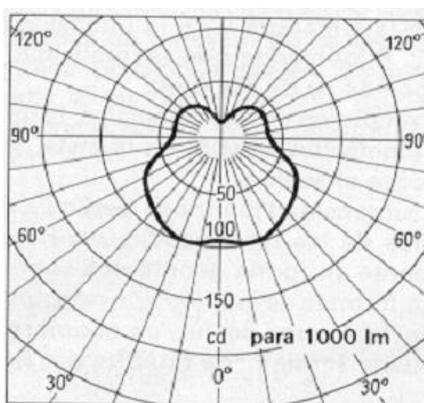


Figura 54. Curva de distribución luminosa

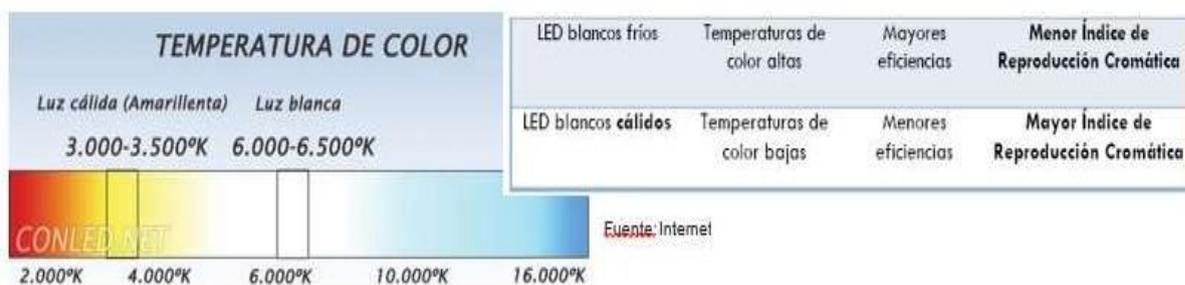


Figura 55: Valores de luminancia en fuentes de luz.

Fuente: Bibliografía 13



Luminaria de alumbrado exterior



Luminaria de alumbrado interior

Figura 56: Valores de luminancia en fuentes de luz.

Fuente: Bibliografía #9

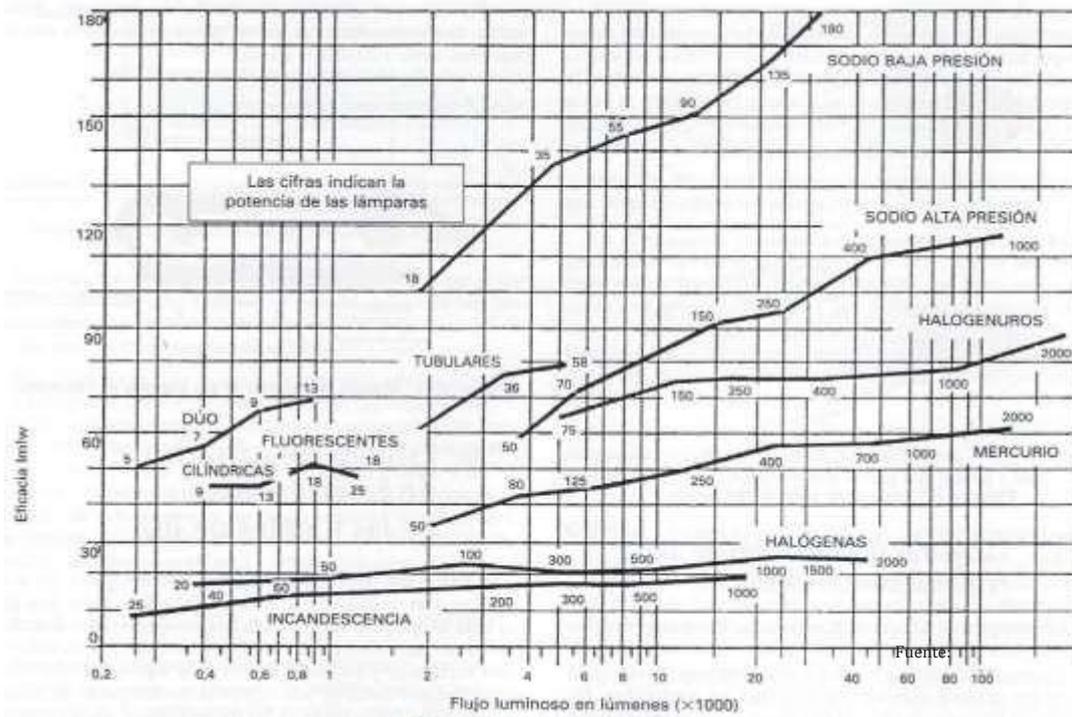


Figura 57: Relación entre: Potencias / Flujos / Eficacia.

Fuente: Bibliografía #24

(Ecuación 12 Índice de Deslumbramiento Unificado:)

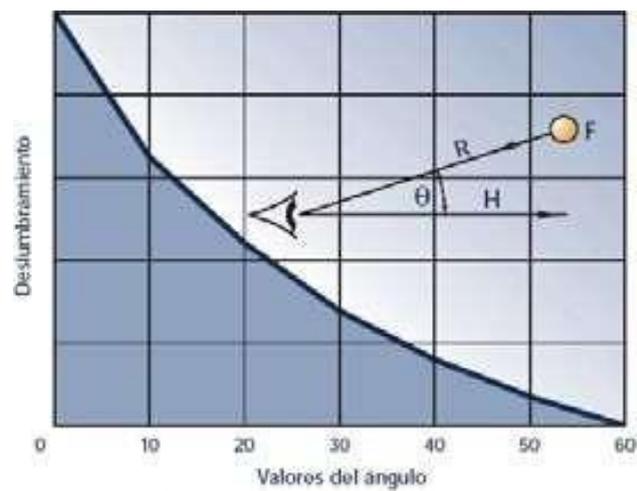


Figura 58. Índice de Deslumbramiento Unificado

Fuente: Bibliografía #13

Proceso a seguir:

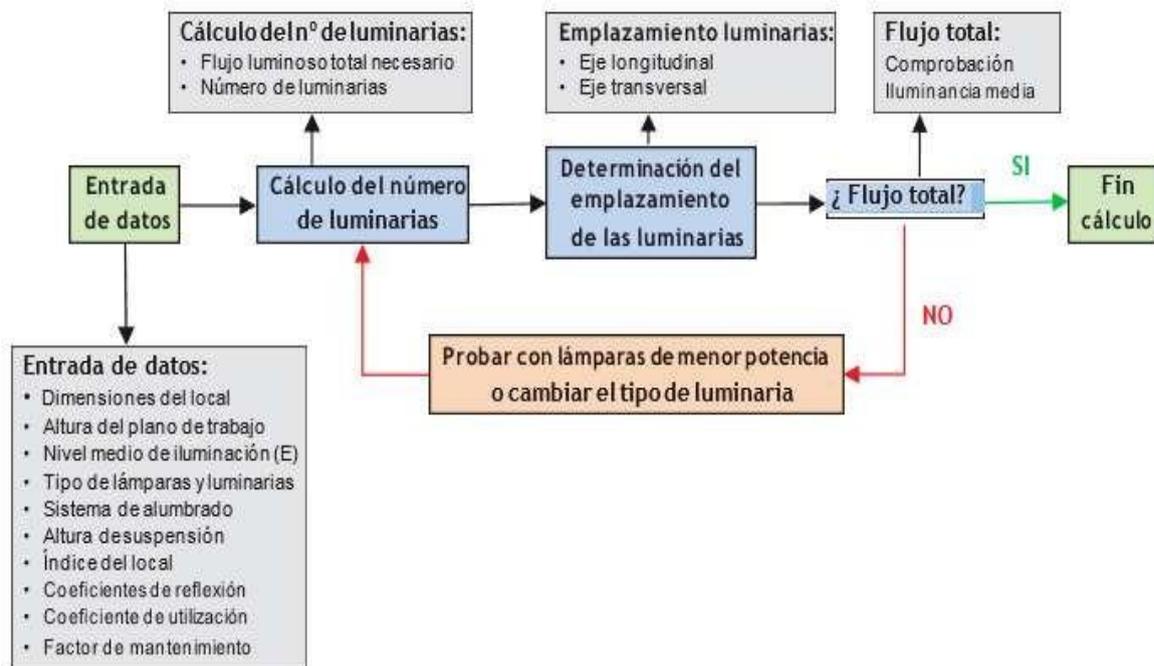
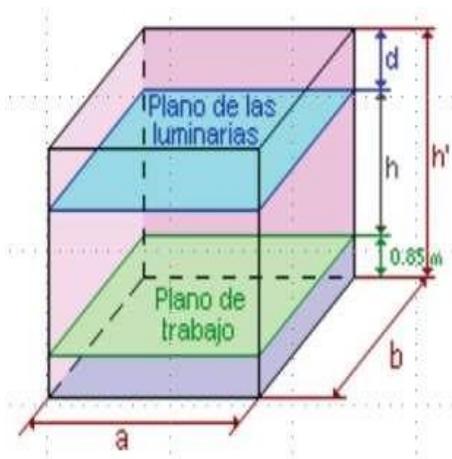


Figura 59. Proceso de cálculo. Fuente: Bibliografía #22

dimensiones del local (a, b) y altura del plano de trabajo



- a: Ancho del local (m)
- b: Largo del local (m)
- h: Altura entre el plano de trabajo y el de las luminarias
- h': Altura del local
- d': Altura del plano de las luminarias al techo

**Plano de trabajo:** altura del suelo al plano de trabajo (normalmente 0.85 m)

Figura 60. Dimensiones del local. Fuente: Bibliografía #13



Figura 61. Plano de luminarias. Fuente: Bibliografía #3

Tipo de locales	Altura de las luminarias
Locales de altura normal (oficinas, viviendas, aulas, etc.)	Lo más altas posible
Locales con iluminación directa, semidirecta y difusa	Mínimo: $h = \frac{2}{3} \cdot (h' - 0.85)$ Óptimo: $h = \frac{4}{5} \cdot (h' - 0.85)$
Locales con iluminación indirecta	$d' \cong \frac{1}{4} \cdot (h' - 0.85)$ $h \cong \frac{3}{4} \cdot (h' - 0.85)$

Figura 62. Altura de las luminarias según local. Fuente: Bibliografía #23

	Sistema de iluminación	Índice del local
	Iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa	$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$
	Iluminación indirecta y semiindirecta	$k = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 \cdot (h + 0.85) \cdot (a + b)}$

Figura 63. Índice del local. Fuente: Bibliografía #26

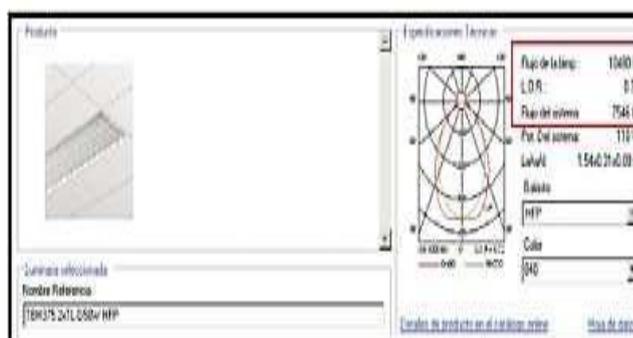
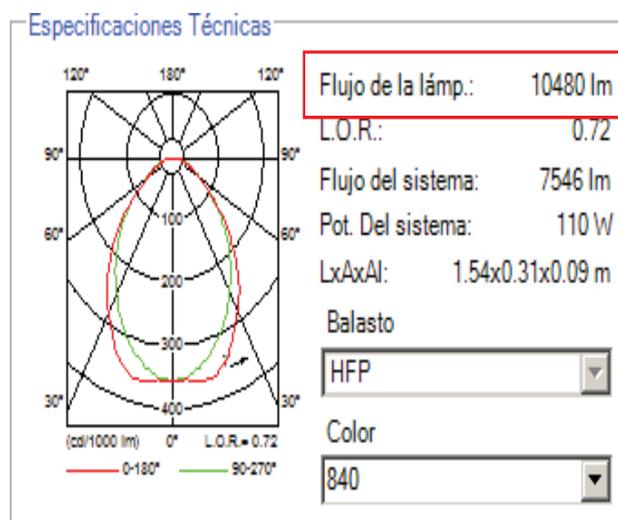


Figura 64. Factor de utilización. Fuente: Bibliografía #26