

INSPECCIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y FUERZA DE LA
INSTITUCIÓN EDUCATIVA PABLO EMILIO CARDONA A LA LUZ DEL RETIE Y
EL RETILAP

ÁNGELA PATRÍCIA GARCÍA RIOS
C.C 1093218084
ELKIN HUMBERTO VIVAS RAMÍREZ
C.C 1088281726
JEHISON ANDRÉS ACEVEDO VALLEJO
C.C 1088265817

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA
PEREIRA
2015

INSPECCIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y FUERZA DE LA
INSTITUCIÓN EDUCATIVA PABLO EMILIO CARDONA A LA LUZ DEL RETIE Y
EL RETILAP

ÁNGELA PATRICIA GARCÍA RÍOS
C.C 1093218084
ELKIN HUMBERTO VIVAS RAMÍREZ
C.C 1088281726
JEHISON ANDRÉS ACEVEDO VALLEJO
CC. 1088265817

TRABAJO DE GRADO

Director
SANTIAGO GÓMEZ ESTRADA
INGENIERO ELÉCTRICISTA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA
PEREIRA
2015

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

DEDICATORIA

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos.

A mi abuela

A quien le debo todo en la vida, le agradezco el cariño, la comprensión, la paciencia y el apoyo que me brindó para culminar mi carrera profesional.

A mi padre

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante.

A mi tía Cielo

Porque siempre he contado con ella para todo, gracias por la confianza que siempre nos hemos tenido; por el apoyo incondicional y por todo el amor.

A mi tío Gabriel

Quien siempre me motivó a seguir adelante y a quien prometí que terminaría mis estudios, que aunque no esté en el mundo terrenal siento que siempre me acompaña y sé, que donde se encuentre estará orgulloso de mí.

A mis profesores

Gracias por su tiempo, por su apoyo así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional, en especial: al Ingeniero Santiago Gómez Estrada por haber guiado el desarrollo de este trabajo y llegar a la culminación del mismo.

A mis amigos

Que gracias al equipo que formamos logramos llegar hasta el final del camino.

Ángela Patricia García Ríos

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar.

A mi abuela quien a lo largo de mi vida a velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento.

A mi papá, y a mi tía, por siempre haberme dado su fuerza y apoyo incondicional que me han llevado hasta donde estoy ahora.

A mis compañeros Jheison y Elkin, quienes a lo largo de este tiempo han puesto a prueba sus capacidades y conocimientos en el desarrollo de este proyecto el cual ha finalizado llenando todas nuestras expectativas.

Al ingeniero Santiago Gómez Estrada, director de este proyecto por su inmensa colaboración y dedicación.

Ángela Patricia García Ríos.

A mi madre, mi mano derecha y compañera en este camino profesional y personal; a mi padre por su ejemplo de lucha y perseverancia. Este logro es para ellos. A mis hermanos por su compañía y paciencia en estos años de formación de académica. A mis compañeros de estudio, por haber hecho parte de este proceso educativo, porque con su acompañamiento y apoyo he podido continuar mi lucha. A mis profesores, que aportaron los conocimientos para la realización de este proyecto. Y finalmente, a todas las personas que, en alguna medida aportaron para obtener este logro, a todos los que con paciencia, amor y dedicación facilitaron la realización de mi desarrollo profesional.

Elkin Humberto Vivas Ramírez

A Dios ante todas las cosas por permitirme culminar una etapa de mi vida, a mi mamá Elizabeth González por su apoyo incondicional y su lucha constante ante todas las adversidades, por su enseñanza y los valores que ha inculcado en mí en cada etapa de mi vida, a los profesores que más que enseñanza académica han aportado al crecimiento personal de cada uno de nosotros con el más sincero compromiso de primero hacer personas profesionales y siendo un excelente modelo a seguir, a mis compañeros por compartir estos años y aportarme tantos valores y la satisfacción de sentir el compañerismo en cada instante.

Jehison Andrés Acevedo Vallejo

CONTENIDO

	Pág.
OBJETIVO GENERAL	17
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
1. CONCEPTOS BASICOS	18
1.1 INSTALACIONES ELÉCTRICAS	18
1.1.1 Objetivos de una instalación.	18
1.2 RIESGOS ELÉCTRICOS	19
1.2.1 Causas de accidentes típicos en instalaciones eléctricas	19
1.2.2 Principales riesgos eléctricos.	19
1.3 PUESTA A TIERRA	23
1.3.1 Elementos del sistema de puesta a tierra:	23
1.3.2 Las funciones de un sistema de puesta a tierra son:	24
1.4 PROTECCIÓN DE PARTES ENERGIZADAS (DE 600 V NOMINALES O MENOS).	25
1.4.1 Partes energizadas protegidas contra contacto accidental.	25
1.4.2 Prevención contra daños físicos.	25
1.4.3 Señales de advertencia.	25
1.4.4 Protección contra contacto directo o indirecto.	25
1.5 EJECUCIÓN MECÁNICA DE LOS TRABAJOS.	26
1.5.1 Aberturas no utilizadas.	26
1.5.2 Encerramientos bajo la superficie.	26
1.5.3 Integridad de los equipos.	26
1.5.4 Conexiones eléctricas.	27
1.5.5 Rotulado.	27
1.5.6 Código de colores para conductores.	27
1.6 INSPECCIONES ELECTRICAS	28
1.6.1 Inspección visual.	28
1.7 PROCESO DE DISEÑO DE ILUMINACIÓN.	29
1.8 ANÁLISIS DEL PROYECTO.	29
1.9 PLANIFICACIÓN BÁSICA.	30
1.10 DISEÑO DETALLADO.	31
1.11 GENERALIDADES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN	31
1.11.1 Iluminación eficiente	32
1.11.2 La iluminación en el análisis de riesgos.	32
1.11.3 Medición del flujo luminoso.	33
1.11.4 Medidor de iluminancia.	33

1.11.5	Niveles de iluminancia y deslumbramiento.	33
1.11.6	Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación.	34
1.12	REQUISITOS GENERALES DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN.	35
1.12.1	Reconocimiento del sitio y objetos a iluminar:	35
1.12.2	Requerimientos de iluminación:	36
1.12.3	Selección de luminarias y fuentes luminosas.	36
1.12.4	Flujo luminoso para diseño.	37
1.13	TIPOS DE LUMINARIAS	39
1.13.1	Lámpara fluorescente	39
1.13.2	Lámpara incandescente	40
1.13.3	Lámpara de Halogenuros Metálicos.	40
1.13.4	Lámpara de sodio de Alta Presión	41
1.14	DEPRECIACIÓN DE LOS TIPOS DE LUMINARIAS	42
1.14.1	Depreciación de Bombillas Incandescentes.	42
1.14.2	Depreciación de Bombillas o Lámparas Fluorescentes.	42
1.14.3	Depreciación de Bombillas de Halogenuros Metálicos.	42
1.14.4	Depreciación de Bombillas de Sodio Alta Presión.	43
1.15	RAZONES QUE HACEN NECESARIA LAS MEDICIONES DE ILUMINANCIA GENERAL	43
1.16	ALUMBRADO EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS, SALAS DE LECTURA Y AUDITORIOS.	43
1.16.1	Iluminación de aulas de clase:	43
1.16.2	Iluminación de salas de lectura y auditorios.	44
1.17	CÁLCULOS PARA ILUMINACIÓN INTERIOR	45
2.	PROCESOS PARA LA MEDICIÓN DE ILUMINACION	46
2.1	MEDICIÓN DE ILUMINANCIA GENERAL DE UN SALÓN	46
2.2	PUNTOS DE MEDICIÓN PARA DIFERENTES CONFIGURACIONES DE LUMINARIAS.	47
2.2.1	Medición de iluminancia promedio, en áreas regulares con luminarias espaciadas simétricamente en dos o más filas.	47
2.2.2	Áreas regulares luminaria simple con localización simétrica.	48
2.2.3	Áreas regulares con luminarias individuales en una sola fila.	49
2.2.4	Áreas regulares con luminarias de dos o más filas.	50
2.2.5	Áreas regulares con fila continúa de luminarias individuales.	51
2.3	FACTORES A TENER EN CUENTA EN LA MEDICIÓN	52
2.4	EQUIPOS DE MEDICIÓN	53
2.5	FORMATOS	54
3.	INSPECCIÓN ELÉCTRICA	57
3.1	LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN	57
3.1.1	DSP (dispositivos de protección contra sobretensiones)	57
3.2	TRANSFORMADOR	58

3.3	TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN	59
3.4	INTERRUPTORES MANUALES DE BAJA TENSIÓN	61
3.5	TOMACORRIENTES	62
4.	INSPECCIÓN DE ILUMINACIÓN	64
4.1	ILUMINACIÓN GENERAL	64
4.2	BOMBILLAS FLUORESCENTES	64
4.3	TUBOS FLUORESCENTES	65
4.3.1	Lámparas fluorescentes tipo T12.	65
4.4	LUMINARIAS	67
4.4.1	Requisitos de producto	67
4.4.2	Requisitos eléctricos y mecánicos de las luminarias.	68
4.4.3	Requisitos de instalación.	69
4.5	BALASTOS.	69
4.6	MANTENIMIENTO	69
5.	RESULTADOS	71
	RECOMENDACIONES	87
6.	BIBLIOGRAFÍA	88
	ANEXOS	89

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1 Código de colores para conductores.....	27
Tabla 2 Índice UGR máximo y niveles de iluminancia exigibles para diferentes áreas y actividades.	34
Tabla 3 Valores límite de eficiencia energética de la instalación (VEEI).	35
Tabla 4 índice de reproducción de color tomado de la tabla 200.3.4 a del RETILAP.	38
Tabla 5 Fuentes luminosas en función de sus características de temperatura de color e índice de reproducción cromática tomada de la tabla 200.3.4 b del RETILAP	38
Tabla 6 Formato1. Inspección general del área o puesto de trabajo.	54
Tabla 7 Formato 2. Medición de la iluminancia promedio general de un salón.	55
Tabla 8 Formato 3. Medición de la iluminancia en el puesto de trabajo.	56
Tabla 9 Protecciones en el punto de derivación.....	57
Tabla 10 Localización.	57
Tabla 11 Instalación.....	57
Tabla 12 Acceso al transformador.....	58
Tabla 13 Puesta a tierra del transformador.	58
Tabla 14 Identificación.	59
Tabla 15 Posición en las paredes.	59
Tabla 16 Aberturas no utilizadas.....	59
Tabla 17 Conductores.	60
Tabla 18 Enceramientos.	60
Tabla 19 Tierra.	60
Tabla 20 Combustibles adyacentes.	60
Tabla 21 Requisitos de Instalación.	61
Tabla 22 Requisitos interruptores.	61
Tabla 23 Requisitos de producto.	62
Tabla 24 Requisitos de instalación.	62
Tabla 25 Requisitos de producto.	63
Tabla 26 Eficacia mínima de lámparas fluorescentes T12.	66
Tabla 27 Valores mínimos de Índice de Reproducción Cromática (CRI ó Ra).	66
Tabla 28 Niveles de iluminancia promedio medida	71
Tabla 29 Comparación niveles de iluminación.	74
Tabla 30 Comparación de valores de eficiencia energética (VEEI).....	75
Tabla 31 Comparación del índice del UGR.....	77
Tabla 32 Estado actual.	78

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1 Arco eléctrico.....	20
Figura 2 Contacto directo.....	20
Figura 3 Ausencia de electricidad.....	21
Figura 4 Contacto indirecto.....	21
Figura 5 Sobrecargas.....	22
Figura 6 Cortocircuito.....	22
Figura 7 Electrodo de puesto a tierra.....	23
Figura 8 Proceso de diseño de iluminación.....	29
Figura 9 Esquema de una lámpara fluorescente.....	39
Figura 10 Esquema de una lámpara incandescente.....	40
Figura 11 Lámpara de Halogenuros Metálicos.....	41
Figura 12 Lámpara de sodio de Alta Presión.....	41
Figura 13 Alumbrado aulas de clase.....	44
Figura 14 Alumbrado adicional sobre el tablero.....	44
Figura 15 Puntos de medición de iluminancia en la cuadrícula de un local con luminarias espaciadas simétricamente en dos o más filas.....	47
Figura 16 Puntos de medición de iluminancia de una luminaria en la cuadrícula de un local con una sola luminaria.....	48
Figura 17 Puntos de medición de iluminancia en la cuadrícula de un local con luminarias individuales en una sola fila.....	49
Figura 18 Puntos de medición de iluminancia en la cuadrícula de un local con dos o más filas de luminarias.....	50
Figura 19 Puntos de medición de iluminancia en la cuadrícula de un local con una fila continua de luminarias.....	51
Figura 20 Pararrayos y cortacircuitos.(6).....	57
Figura 21 Transformador tipo poste. (6).....	58
Figura 22 Puesta a tierra del transformador.(6).....	58
Figura 23 Tablero principal. (6).....	59
Figura 24 Interruptores.(6).....	61
Figura 25 Tablero principal.(6).....	61
Figura 26 Tomacorriente inadecuado.(6).....	62
Figura 27 Tomacorrientes en mal estado.(6).....	63
Figura 28 Biblioteca.(6).....	64
Figura 29 Baños con bombillas fluorescentes.(6).....	64
Figura 30 Salón con lámparas T12.(6).....	65
Figura 31-Marcación lámparas T12.(6).....	67
Figura 32 Luminaria salón.(6).....	67
Figura 33 Parte interna luminaria.(6).....	68
Figura 34 Luminaria de la sala de profesores.(6).....	68

Figura 35 Balastro electrónico.(6)69
Figura 36 Luminaria fluorescente dañada.(6).....70
Figura 37 Grafica resultados de iluminancia promedio72
Figura 38 Grafica resultados de iluminancia promedio73
Figura 39 Grafica resultados de iluminancia promedio73

GLOSARIO

ACOMETIDA: Derivación de la red local del servicio respectivo, que llega hasta el registro de corte del inmueble. En edificios de propiedad horizontal o condominios, la acometida llega hasta el registro de corte general. [1]

CARGABILIDAD: Límite térmico dado en capacidad de corriente, para líneas de transporte de energía, transformadores, etc.

CAPACIDAD DE CORRIENTE: Es la corriente máxima que puede transportar continuamente por un conductor, sin sobrepasar la temperatura nominal de servicio.

CERTIFICACIÓN: Procedimiento mediante el cual un organismo expide por escrito o por un sello de conformidad, que un producto, un proceso o servicio cumple un reglamento técnico o una(s) norma(s) de fabricación.

CONFIABILIDAD: Se puede definir como la capacidad de un producto de realizar su función de la manera prevista. También se denomina como la capacidad de un dispositivo, equipo o sistema para cumplir una función requerida, en unas condiciones y tiempo dados. Equivale a fiabilidad.

DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES TRANSITORIAS DEL TIPO CONMUTACIÓN DE TENSIÓN: Un DPS que tiene una alta impedancia cuando no está presente un transitorio, pero que cambia súbitamente su impedancia a un valor bajo en respuesta a un transitorio de tensión. Ejemplos de estos dispositivos son: Los vía de chispas, tubos de gas, tiristores y triacs.

DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES TRANSITORIAS DEL TIPO LIMITACIÓN DE TENSIÓN: Un DPS que tiene una alta impedancia cuando no está presente un transitorio, pero se reduce gradualmente con el incremento de la corriente y la tensión transitoria. Ejemplos de estos dispositivos son: Los varistores y los diodos de supresión.

DPS: Sigla del dispositivo de protección contra sobretensiones transitorias o descargador de sobretensiones.

FASE: Designación de un conductor, un grupo de conductores, un terminal, un devanado o cualquier otro elemento de un sistema polifásico que va a estar energizado durante el servicio normal.

FLUJO LUMINOSO: Energía luminosa emitida por una fuente de luz durante una unidad de tiempo. [2]

FUSIBLE: Aparato cuya función es abrir, por la fusión de uno o varios de sus componentes, el circuito en el cual está insertado. [2]

INDUCCIÓN: Fenómeno en el que un cuerpo energizado, transmite por medio de su campo eléctrico o magnético, energía a otro cuerpo, a pesar de estar separados por un dieléctrico.

INSPECCIÓN: Conjunto de actividades tales como medir, examinar, ensayar o comparar con requisitos establecidos, una o varias características de un producto o instalación eléctrica, para determinar su conformidad. [1]

LÍNEA ELÉCTRICA: Conjunto compuesto por conductores, aisladores, estructuras y accesorios destinados al transporte de energía eléctrica.

LUMEN: Es la unidad del Sistema Internacional de Medida para medir el flujo luminoso, una medida de la potencia luminosa percibida. [2]

LUX: Es la unidad derivada del Sistema Internacional de Medida para la iluminancia o nivel de iluminación. [2]

NEUTRO: Conductor activo conectado intencionalmente a una puesta a tierra, bien sólidamente o a través de un impedancia limitadora.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA (NTC): Norma técnica aprobada o adoptada como tal por el organismo nacional de normalización. [3]

PUESTA A TIERRA: Grupo de elementos conductores equipotenciales, en contacto eléctrico con el suelo o una masa metálica de referencia común, que distribuye las corrientes eléctricas de falla en el suelo o en la masa. Comprende electrodos, conexiones y cables enterrados.

REGLAMENTO TÉCNICO: Documento en el que se establecen las características de un producto, servicio o los procesos y métodos de producción, incluyendo las disposiciones administrativas aplicables y cuya observación es obligatoria. [3]

RETIE: Acrónimo del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas adoptado por Colombia. [1]

SISTEMA DE PUESTA A TIERRA (SPT): Conjunto de elementos conductores de un sistema eléctrico específico, sin interrupciones ni fusibles, que conectan los equipos eléctricos con el terreno o una masa metálica. Comprende la puesta a tierra y la red equipotencial de cables que normalmente no conducen corriente.

SOBRECARGA: Funcionamiento de un elemento excediendo su capacidad nominal. [1]

SOBRETENSIÓN: Tensión anormal existente entre dos puntos de una instalación eléctrica, superior a la tensión máxima de operación normal de un dispositivo, equipo o sistema. [1]

TENSIÓN DE CONTACTO: Diferencia de potencial que durante una falla se presenta entre una estructura metálica puesta a tierra y un punto de la superficie del terreno a una distancia de un metro. Esta distancia horizontal es equivalente a la máxima que se puede alcanzar al extender un brazo.

TENSIÓN DE PASO: Diferencia de potencial que durante una falla se presenta entre dos puntos de la superficie del terreno, separados por una distancia de un paso (aproximadamente un metro).

RESUMEN

Esta inspección se hace primero para velar por la seguridad de las personas por encima de todo y para verificar si la institución educativa Pablo Emilio Cardona consta con los requisitos estipulados por el RETIE y el RETILAP ya que la parte eléctrica de la institución fue hecha mucho antes del 2005 que fue la fecha donde empezó a regir las normas en nuestro país, por esto no cuentan con una red eléctrica adecuada. También han modificado distintos espacios, vamos a constatar que cumpla con las normas.

En la inspección eléctrica se realizaron una serie de actividades como:

- ✓ Identificación de tableros de distribución. .
- ✓ Análisis de capacidad nominal.
- ✓ Medición de niveles de iluminación.

Estas actividades buscan identificar problemas o irregularidades en la red eléctrica y en los circuitos de iluminación en la institución educativa Pablo Emilio Cardona para realizar un diagnóstico según el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE Y RETILAP)

Se realizó el montaje de los planos eléctricos y de iluminación de la institución, teniendo en cuenta lo exigido en la NTC2050, el RETIE y el RETILAP, utilizando para esto el programa AUTOCAD y DIALux.

INTRODUCCIÓN

El aumento progresivo del consumo de la electricidad en la vida actual, obliga a establecer unas exigencias y especificaciones que garanticen la seguridad de las personas con base en el buen funcionamiento de las instalaciones, la fiabilidad y calidad de los productos, la compatibilidad de los equipos y su adecuada utilización y mantenimiento.

En nuestro país existen normas y reglamentos eléctricos como la NTC2050, RETIE y RETILAP respectivamente, que establecen estas exigencias y especificaciones, en donde también se fijan los parámetros mínimos de seguridad con que deben contar las instalaciones eléctricas.

Con este proyecto se pretende verificar el estado de las instalaciones eléctricas de la institución educativa PABLO EMILIO CARDONA y realizar un diagnóstico según los Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE Y RETILAP).

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- ✓ Desarrollar la inspección a las instalaciones eléctricas de la Institución PABLO EMILIO CARDONA de Pereira (Risaralda) con base al RETIE, RETILAP Y NTC 2050.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Comprobar que las instalaciones eléctricas de iluminación y fuerza cumplan con los requisitos del RETIE y RETILAP.
- ✓ Verificar si los niveles de iluminación son adecuados para cada espacio de la institución.
- ✓ Identificar cada uno de los circuitos ramales y representarlos en el plano eléctrico de la institución.
- ✓ Entregar a la institución educativa un informe del trabajo realizado.

1. CONCEPTOS BASICOS

1.1 INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Las instalaciones eléctricas se define como un conjunto de equipos o aparatos para el uso final de la electricidad y de circuitos asociados, en previsión de un fin particular: producción, conversión, transformación, distribución, o utilización de la energía eléctrica. [4]

En general, comprende los sistemas eléctricos que van desde la acometida de servicio hacia el interior de la edificación o al punto de conexión de los equipos o elementos de consumo. [4]

Toda instalación eléctrica cubierta por el RETILAP, deberá contar con un diseño, el cual como mínimo tendrá las memorias de cálculo de conductores y protecciones, los diagramas unifilares, cálculo de transformador (si se requiere), cálculo del sistema de puesta a tierra (si se requiere), distancias de seguridad, cálculo mecánico de estructuras (cuando se requiera) evaluación del nivel de riesgo por rayos y planos de construcción; tales documentos deben ser firmados por el profesional o profesionales competentes de acuerdo con sus matrículas profesionales que los faculten para el diseño. [4]

1.1.1 Objetivos de una instalación.

Una instalación eléctrica adecuada distribuye la energía eléctrica a los equipos conectados de una manera segura y eficiente. Algunas de las características son:

- a) Confiable, es decir la probabilidad que dicho equipo o sistema permanezca en funcionamiento por un número de horas (años) sin que este presenten fallas.
- b) Eficiente, es decir, que la energía se transmita con las menores perdidas posibles.
- c) Económica, que su costo final sea adecuado a las necesidades a satisfacer.
- d) Flexible, se refiere la adaptación de la instalación a cambios ya sean de ampliarse, disminuirse o modificarse con facilidad, y según posibles necesidades futuras.
- e) Simple, o sea que faciliten la operación y el mantenimiento sin tener que recurrir a métodos o personas altamente calificados.
- f) Estética, pues hay que recordar que una instalación bien hecha es agradable a la vista.
- g) Segura, o sea que reduce al mínimo la probabilidad de ocurrencia de fallas en los equipos eléctricos y accidentes que pongan en riesgo la vida y la salud de los usuarios.

1.2 RIESGOS ELÉCTRICOS

En general la utilización y dependencia tanto industrial como domestica de la energía eléctrica ha traído consigo la aparición de accidentes por contacto con elementos energizados, los cuales se han incrementado por el aumento del número de instalaciones, representándose en los procesos de distribución y uso final de la electricidad la mayor parte de los accidentes. A medida que el uso de la electricidad se extiende se requiere ser más exigentes en cuanto a la normalización y reglamentación. [1]

1.2.1 Causas de accidentes típicos en instalaciones eléctricas

- ✓ Interruptor diferencial defectuoso.
- ✓ Aislamientos defectuosos.
- ✓ Someter a partes de la instalación a intensidades superiores a las nominales (sobreintensidades).
- ✓ Obstaculizar la adecuada ventilación (refrigeración).
- ✓ Existencia de uniones, conexiones o contactos de elementos conductores inadecuados.
- ✓ Aproximar elementos combustibles a partes de la instalación que pueden alcanzar temperaturas considerables.
- ✓ Aproximación a las partes activas.
- ✓ Falta o mala puesta a tierra.
- ✓ Realización de trabajos de mantenimiento sin tomar las precauciones necesarias.

1.2.2 Principales riesgos eléctricos.

El riesgo eléctrico puede materializarse en accidentes con baja, si bien en número pequeño, atendiendo a lo que nos indican las estadísticas, en la mayor parte de los casos son de extrema gravedad, llegando incluso a causar la muerte del accidentado. Se denomina riesgo electrización cuando la corriente eléctrica circula a través del cuerpo del accidentado, es decir, la persona forma parte del circuito eléctrico. La electrocución se produce cuando la persona fallece como consecuencia de este paso de corriente. Es de resaltar que más de la mitad de los accidentes que se producen son consecuencia del arco eléctrico, mientras que el resto se deben a los contactos eléctricos.

1.2.2.1 Arco eléctrico.

Un arco eléctrico es un canal conductivo generado por la ionización del aire, consecuencia de la conexión accidental entre dos electrodos de diferente potencia, de diferente posición de fase o entre un electrodo y un circuito de tierra. Las temperaturas que se alcanzan oscilan entre 10000 y 30000 °C. Durante este proceso el material de los conductores se volatiliza, ayudando a que el aire entre los electrodos sea más conductor. Con el aumento de la corriente también

aumenta la temperatura y se forma un haz luminoso. Los arcos eléctricos se originan por malos contactos, apertura de circuitos con carga, violación de distancias de seguridad, ruptura de aislamientos, apertura o cierre de interruptores y cortocircuitos.

Figura 1 Arco eléctrico.

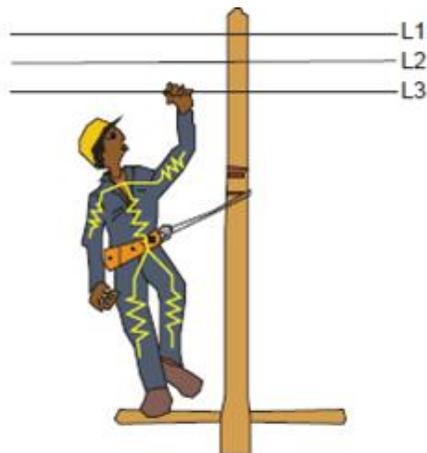


Fuente: Reglamento Técnico De Instalaciones Eléctricas (RETIE). [1]

1.2.2.2 Contacto directo.

El contacto directo se refiere al contacto que sufre una parte del cuerpo con un elemento activo de una instalación eléctrica, denominándose elemento activo a aquel que en condiciones normales se encuentra en tensión; ejemplos de elementos activos de una instalación eléctrica pueden ser los cables de fase o los contactos de un interruptor.

Figura 2 Contacto directo.



Fuente: Reglamento Técnico De Instalaciones Eléctricas (RETIE). [1]

1.2.2.3 Ausencia de electricidad.

En algunos casos se constituye en un alto riesgo para la vida de las personas, especialmente en las instalaciones hospitalarias. Se presenta por cortes del fluido eléctrico o por deficiencias de los aparatos donde se conectan los equipos médicos.

Figura 3 Ausencia de electricidad.



Fuente: Reglamento Técnico De Instalaciones Eléctricas (RETIE). [1]

1.2.2.4 Contacto indirecto.

Se presenta por fallas de aislamiento, deficiencias o ausencia de mantenimiento, o defectos del conductor a tierra. Un deterioro de aislamiento por una sobre tensión o sobre corriente, puede someter a tensión partes que frecuentemente están expuestas al contacto de las personas, tales como carcasas o cubiertas de máquinas y herramientas.

Figura 4 Contacto indirecto.

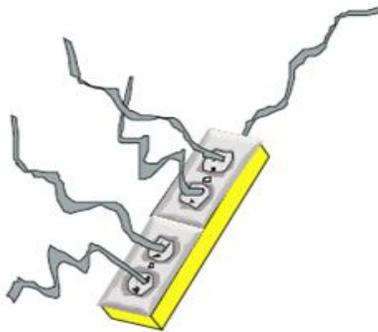


Fuente: Reglamento Técnico De Instalaciones Eléctricas (RETIE). [1]

1.2.2.5 Sobrecargas.

Se presentan cuando la corriente supera los límites nominales del conductor, aparato o equipo, por aumentos de carga sin revisar la capacidad de la instalación, por conductores inapropiados, conexiones con malos contactos y por corrientes parásitas no consideradas en los diseños. Use interruptores automáticos con relé de sobrecarga, no coloque un interruptor o taco de mayor capacidad que la que soporta el circuito. Use los conductores certificados y del calibre apropiado. Recuerde que conductores de calibres más delgados o de materiales alterados, tienen mayor resistencia eléctrica y la corriente los calienta hasta perder el aislamiento y generar un cortocircuito.

Figura 5 Sobrecargas.



Fuente: Reglamento Técnico De Instalaciones Eléctricas (RETIE). [1]

1.2.2.6 Cortocircuito.

Un corto circuito es una conexión de baja resistencia establecida intencionalmente o por accidente entre dos puntos de un circuito eléctrico. Esa conexión causa una corriente excesiva que quema, sobrecalienta, mueve, expande, etc. causando daños a personas y equipos. La máxima corriente de corto circuito depende directamente del tamaño y capacidad de la fuente, y por otro lado de las impedancias del sistema incluyendo la falla.

Figura 6 Cortocircuito



Fuente: Reglamento Técnico De Instalaciones Eléctricas (RETIE). [1]

Además los cortocircuitos son los causantes de la mayoría de los incendios de origen eléctrico.

Los accidentes causados por la electricidad pueden ser leves, graves e incluso mortales. En caso de muerte del accidentado, recibe el nombre de electrocución.

1.3 PUESTA A TIERRA

Toda instalación eléctrica cubierta por el RETIE, excepto donde se indique lo contrario, debe disponer de un sistema de puesta a tierra que lleve a tierra las corrientes de falla o las de descargas originadas por sobretensiones, por rayos o maniobras.

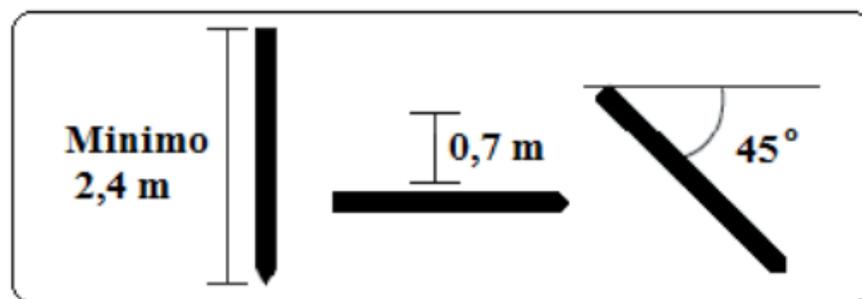
Las instalaciones de los predios no se deben conectar eléctricamente a la red de suministro a menos que esta última contenga, para cualquier conductor puesto a tierra de la instalación interior, el correspondiente conductor puesto a tierra. Para los fines de la NTC2050, "conectar eléctricamente" quiere decir que se conecta de modo que sea capaz de transportar corriente, a diferencia de la conexión por inducción electromagnética. [3]

1.3.1 Elementos del sistema de puesta a tierra:

1.3.1.1 El electrodo de puesta a tierra:

Los electrodos de puesta a tierra constituyen el medio de contacto o empalme entre la instalación eléctrica y la tierra física o suelo. Se encargan de llevar la corriente eléctrica a tierra, puede ser una varilla, tubo, fleje, cable o placa y debe ser de cobre, acero inoxidable o acero recubierto en cobre, o acero galvanizado en caliente. El electrodo debe estar certificado para cumplir esa función por lo menos durante 15 años. Si es una varilla o tubo debe tener no menos de 2,4 m de longitud. Al instalarlo se deben atender las recomendaciones del fabricante y dejarlo completamente enterrado.

Figura 7 Electrodo de puesto a tierra.



Fuente: Reglamento Técnico De Instalaciones Eléctricas (RETIE). [1]

1.3.1.2 Conductor del electrodo de puesta a tierra:

Debe ser calculado para soportar la corriente de falla a tierra durante el tiempo de despeje de la falla. No debe ser de aluminio.

1.3.1.3 Conductor de puesta a tierra de los equipos.

Debe ser continuo, sin interrupciones o medios de desconexión, si se empalma deben utilizarse técnicas plenamente aceptadas para esto. Debe acompañar los conductores activos durante todo el recorrido.

Los conectores de puesta a tierra deben ser certificados para ese uso. Su principal objetivo es evitar las sobretensiones peligrosas, tanto para la salud de las personas, como para el funcionamiento de los equipos. [5]

Toda instalación eléctrica debe disponer de un Sistema de Puesta a Tierra (SPT), de tal forma que cualquier punto del interior o exterior, normalmente accesible a personas que puedan transitar o permanecer allí, no estén sometidos a tensiones de paso, de contacto o transferidas, que superen los umbrales de soportabilidad del ser humano cuando se presente una falla.

La exigencia de puestas a tierra para instalaciones eléctricas cubre el sistema eléctrico como tal y los apoyos o estructuras que ante una sobretensión temporal, puedan desencadenar una falla permanente a frecuencia industrial, entre la estructura puesta a tierra y la red.

Los objetivos de un sistema de puesta a tierra (SPT) son: La seguridad de las personas, la protección de las instalaciones y la compatibilidad electromagnética.

1.3.2 Las funciones de un sistema de puesta a tierra son:

- a) Garantizar condiciones de seguridad a los seres vivos.
- b) Permitir a los equipos de protección despejar rápidamente las fallas.
- c) Servir de referencia común al sistema eléctrico.
- d) Conducir y disipar con suficiente capacidad las corrientes de falla, electrostática y de rayo.
- e) Realizar una conexión de baja resistencia con la tierra y con puntos de referencia de los equipos.

1.4 PROTECCIÓN DE PARTES ENERGIZADAS (DE 600 V NOMINALES O MENOS).

1.4.1 Partes energizadas protegidas contra contacto accidental.

Las partes energizadas de los equipos eléctricos que funcionen a 50 V o más deben estar protegidas contra contactos accidentales por medio de gabinetes apropiados o por cualquiera de los medios siguientes:

- a) Ubicándolas en un cuarto, bóveda o recinto similar, accesible solo a personal calificado.
- b) Mediante muros adecuados, sólidos y permanentes o pantallas dispuestas de modo que al espacio cercano a las partes energizadas solo tenga acceso personal calificado. Cualquier abertura en dichos tabiques o pantallas debe ser de tales dimensiones o estar situada de modo que no sea probable que las personas entren en contacto accidental con las partes energizadas o pongan objetos conductores en contacto con las mismas.
- c) Ubicándose en un balcón, galería o plataforma tan elevada y dispuesta de tal modo que no permita acceder a personas no calificadas.
- d) Ubicándose a 2,40 m o más por encima del nivel del piso u otra superficie de trabajo.

1.4.2 Prevención contra daños físicos.

En lugares en los que sea probable que el equipo eléctrico pueda estar expuesto a daños físicos, los encerramientos o protecciones deben estar dispuestos de tal modo y ser de una resistencia tal que evite tales daños.

1.4.3 Señales de advertencia.

Las entradas a cuartos y otros lugares protegidos que contengan partes energizadas expuestas, se deben marcar con señales de advertencia visibles que prohíban la entrada a personal no calificado.

1.4.4 Protección contra contacto directo o indirecto.

Para prevenir y proteger contra contactos directos e indirectos existen los siguientes métodos:

1.4.4.1 Contra contacto directo:

- ✓ Aislamiento apropiado acorde con el nivel de tensión de la parte energizada.
- ✓ Alejamiento de las partes bajo tensión.
- ✓ Colocación de obstáculos que impidan el acceso a las zonas energizadas.
- ✓ Empleo de Muy Baja Tensión (< 50 V en locales secos, < 24 V en locales húmedos).
- ✓ Dispositivos de corte automático de la alimentación.

- ✓ Utilización de interruptores diferenciales de alta sensibilidad.
- ✓ Sistemas de potencia aislados.

1.4.4.2 Contra contacto indirecto:

- ✓ Equipos de protección diferencial o contra corrientes de fuga.
- ✓ Utilización de muy baja tensión.
- ✓ Empleo de circuitos aislados galvánicamente, con transformadores de seguridad.
- ✓ Inaccesibilidad simultánea entre elementos conductores y tierra.
- ✓ Conexiones equipotenciales.
- ✓ Sistemas de puesta a tierra.
- ✓ Uso de aislamiento adecuados para el nivel de tensión de los equipos.
- ✓ Regímenes de conexión a tierra, que protejan a las personas frente a las corrientes de fuga.

Para ofrecer una buena protección deben implementarse al menos dos de los anteriores métodos para cada tipo de contacto. [3]

1.5 EJECUCIÓN MECÁNICA DE LOS TRABAJOS.

Los equipos eléctricos se deben instalar de manera limpia y profesional.

1.5.1 Aberturas no utilizadas.

Las aberturas no utilizadas de las cajas, canalizaciones, canaletas auxiliares, armarios, carcasas o cajas de los equipos, se deben cerrar eficazmente para que ofrezcan una protección sustancialmente equivalente a la pared del equipo.

1.5.2 Encerramientos bajo la superficie.

Los conductores se deben instalar de modo que ofrezcan un acceso fácil y seguro a los encerramientos subterráneos o bajo la superficie a los que deban entrar personas para su instalación y mantenimiento.

1.5.3 Integridad de los equipos.

Las partes internas de los equipos eléctricos, tales como las barras colectoras, terminales de cables, aislantes y otras superficies, no deben estar dañadas o contaminadas por materias extrañas como restos de: pintura, yeso, limpiadores, abrasivos o corrosivos. No debe haber partes dañadas que puedan afectar negativamente al buen funcionamiento o a la resistencia mecánica de los equipos, como piezas rotas, dobladas, cortadas, deterioradas por la corrosión o por agentes químicos o recalentamiento. [3]

1.5.4 Conexiones eléctricas.

Debido a las distintas características de metales disímiles, los dispositivos como terminales a presión o conectores a presión y lengüetas soldadas se deben identificar en cuanto al material del conductor y deben estar bien instalados y utilizados. No se deben mezclar en un terminal o en un conector de empalme, conductores de metales distintos cuando se produzcan contactos físicos entre ellos (como por ejemplo, cobre y aluminio, revestido de cobre o aluminio y aluminio revestido de cobre). Si se utilizan materiales como compuestos para soldar, fundentes, inhibidores y restringentes, deben ser adecuados para el uso y deben ser de un tipo que no deteriore a los conductores, a la instalación o a los equipos.

1.5.5 Rotulado.

En todos los equipos eléctricos se debe colocar el nombre del fabricante, la marca comercial u otra descripción mediante la que se pueda identificar a la empresa responsable del producto. Debe haber otros rótulos que indiquen la tensión, capacidad de corriente, potencia u otras clasificaciones. Los rótulos deben ser suficientemente durables para que soporten las condiciones ambientales.

1.5.6 Código de colores para conductores.

Con el objeto de evitar accidentes por errónea interpretación de las tensiones y tipos de sistemas utilizados, se debe cumplir el código de colores para conductores aislados establecido en la Tabla 1. Se tomará como válido para determinar este requisito el color propio del acabado exterior del conductor o en su defecto, su marcación debe hacerse en las partes visibles con pintura, con cinta o rótulos adhesivos del color respectivo.

Tabla 1 Código de colores para conductores.

SISTEMA	1Φ	1Φ	3ΦY	3ΦΔ	3ΦΔ-	3ΦY	3ΦY	3ΦΔ	3ΦΔ
TENSIONES NOMINALES (Volts)	120	240/120	240	240/ 208/ 120	380/220	380/220	480/440	480/440	Más de 1000V
CONDUCTORES ACTIVOS	1 fase 2 hilos	2 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases
FASES	Negro	Negro/ Rojo	Amarillo Azul Rojo	Negro Azul Rojo	Negro Naranja Azul	Café Negro Amarillo	Café Naranja Amarillo	Café Naranja Amarillo	Violeta café Rojo
NEUTRO	Blanco	Blanco	Blanco	No aplica	Blanco	Blanco	No aplica	Gris	No aplica
TIERRA DE PROTECCION	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde
TIERRA AISLADA	Verde o Verde/ Amarillo	Verde o Verde/ Amarillo	Verde o Verde/ Amarillo	No aplica	Verde o Verde/ Amarillo	Verde o Verde/ Amarillo	No aplica	No aplica	No aplica

En sistemas de media o alta tensión, adicional a los colores, debe fijarse una leyenda con el aviso del nivel de tensión respectivo.

En circuitos monofásicos derivados de sistemas trifásicos, el conductor de la fase deberá ser marcado de color amarillo, azul o rojo, conservando el color asignado a la fase en el sistema trifásico.

En acometidas monofásicas derivadas de sistemas trifásicos, las fases podrán identificarse con amarillo, azul, rojo o negro. En todo caso el neutro será blanco o marcado con blanco y la tierra de protección verde o marcada con verde. [1]

1.6 INSPECCIONES ELECTRICAS

1.6.1 Inspección visual.

La inspección de las instalaciones, de ser visual, precede a las pruebas finales y es realizada a través de la inspección física de la instalación, esto es, recorriéndola desde el punto de empalme hasta el último elemento de cada circuito de la instalación.

La inspección visual permite hacerse una idea globalizada de la instalación y de las condiciones técnicas de la ejecución, revisando los siguientes aspectos:

1.6.1.1 Punto de empalme.

Verificar que se encuentren los conductores, tableros, cajas y puestas a tierra especificados en el plano eléctrico. En este punto se debe verificar además la posición de los tableros, que el alambrado sea ordenado, la ausencia de suciedad y de rebabas en los ductos, etc.

1.6.1.2 Tableros de protección.

Verificar las condiciones técnicas de:

- ✓ Estructura de la caja: pintura, terminación y tamaño.
- ✓ Ubicación: altura de montaje, fijación y presentación.
- ✓ Componentes: protecciones, alambrado, barras, llegada y salida de ductos, boquillas, tuercas, etc.

1.6.1.3 Circuitos

Al momento de revisarlos se debe verificar:

- ✓ El dimensionamiento de líneas: revisar la sección de los conductores.
- ✓ Los ductos: sus diámetros y las llegadas a cajas.
- ✓ Las cajas de derivación: inspeccionar la continuidad de líneas, el estado mecánico de los conductores, la unión y aislamiento de las conexiones, el espacio libre, el código de colores, el estado mecánico de los ductos y coplas, la ausencia de rebabas y la limpieza.

- ✓ Las cajas de interruptores y enchufes: el largo de los chicotes, el estado mecánico de unión al elemento, la llegada de ductos y la calidad de los dispositivos.
- ✓ Las puestas a tierra: al inspeccionar las puestas a tierra hay que verificar la sección de conductores, el código de colores, la calidad de las uniones a la puesta de tierra, la llegada al tablero, y la unión a las barras de tierra de servicio y tierra de protección situadas en el tablero.

En resumen, la inspección visual y análisis de la documentación entregada, tiene el objetivo de verificar si los componentes o elementos permanentemente conectados cumplen las siguientes condiciones:

- ✓ Los requisitos de seguridad normalizados por reglamentos legales.
- ✓ Materiales correctamente seleccionados e instalados de acuerdo con las disposiciones de las Normas correspondientes.
- ✓ Materiales y equipos instalados en buenas condiciones estructurales, es decir, no dañados visiblemente, de modo que puedan funcionar sin falta de la seguridad necesaria.
- ✓ Medidas de protección contra choques eléctricos por contacto directo e indirecto.
- ✓ Conductores dimensionados adecuadamente y con sus correspondientes dispositivos de protección a las sobrecargas.
- ✓ Conductores con sus correspondientes dispositivos de seccionamiento y de comando.
- ✓ Accesibles para la operación y mantención de sus instalaciones y elementos.

1.7 PROCESO DE DISEÑO DE ILUMINACIÓN.

Un diseño de iluminación debe seguir el siguiente procedimiento:

Figura 8 Proceso de diseño de iluminación



1.8 ANÁLISIS DEL PROYECTO.

En esta etapa se debe recopilar y analizar la información que permita determinar las demandas visuales en función de los alcances, intereses y limitaciones del trabajo o tareas a realizar. La identificación clara y precisa de estas variables es fundamental para el éxito de cualquier proyecto.

- a) **Demandas visuales.** Son una consecuencia de la realización de actividades y para determinarlas se debe evaluar la dificultad de las tareas en función de sus características y condiciones de realización incluso en condiciones difíciles y tiempos prolongados.
- b) **Demandas emocionales.** Surgen por la influencia que la luz ejerce sobre el estado de ánimo, motivación, sensación de bienestar y seguridad de las personas.
- c) **Demandas estéticas.** Se refieren a la posibilidad de crear ambientación visual, destacar la arquitectura, ornamentación, obras de arte, etc. Para esto hay que considerar las características físicas y arquitectónicas del ambiente así como del mobiliario y del entorno, la importancia y significado del espacio, etc.
- d) **Demandas de seguridad.** Se determina por una parte, en función de los dispositivos de iluminación para circulación de las personas en condiciones normales y de emergencia; y por otra como las características de las fuentes luminosas.
- e) **Condiciones del espacio.** Están relacionadas con las características físicas tanto de las áreas a iluminar como su entorno.
- f) **Intereses.** En el diseño de iluminación se deben conocer los intereses de los posibles usuarios y diseñadores de interiores o mobiliario, por lo que se debe aprovechar la oportunidad de conocer e integrar sus opiniones, necesidades y preferencias respecto de las condiciones de iluminación.
- g) **Variables económicas y energéticas.** El análisis debe, no solo tener en cuenta los costos de instalación inicial sino también los de funcionamiento durante la vida útil del proyecto.
- h) **Restricciones.** En el diseño se deben tener en cuenta las restricciones normativas o reglamentarias, por razones de seguridad, disposición de la infraestructura y ocupación del espacio, aspectos tales como la existencia de elementos estructurales, arquitectónicos, mobiliario, canalizaciones o equipos de otros servicios son restricciones que se deben tener en cuenta en el sistema de iluminación.

1.9 PLANIFICACIÓN BÁSICA.

A partir del análisis de la información reunida en la etapa anterior, se debe establecer un perfil de las características que debe tener la instalación para satisfacer las distintas demandas del lugar. Lo que se busca aquí es desarrollar las ideas básicas del diseño sin llegar a precisar todavía aspectos específicos. Por lo que en esta etapa se deberá contar con un documento de diseño básico. En este punto se debe definir el sistema de alumbrado, características de las fuentes luminosas recomendadas, uso de alumbrado natural y la estrategia para su integración con la iluminación artificial.

La mayoría de los datos necesarios para el análisis del proyecto se obtienen de la documentación técnica pero, en proyectos que lo ameriten se debe realizar un levantamiento visual y eventualmente fotométrico, eléctrico y fotográfico en la

obra, para verificar y completar datos técnicos e identificar detalles difíciles de especificar en planos.

1.10 DISEÑO DETALLADO.

El diseño detallado es obligatorio para, alumbrado público, iluminación industrial, iluminación comercial con espacios de mayores a 500 m² y en general en los lugares donde se tengan más de 10 puestos de trabajo, iluminación de salones donde se imparta enseñanza, o lugares con alta concentración de personas en un mismo salón (50 o más), durante periodos mayores a dos horas.

En función del perfil definido en la fase de diseño básico, se deben resolver los aspectos específicos del proyecto, tales como:

- a) La selección de las luminarias.
- b) El diseño geométrico y sistemas de montaje.
- c) Los sistemas de alimentación, comando y control eléctricos.
- d) La instalación del alumbrado de emergencia y seguridad, cuando se requiera.
- e) Análisis económico y presupuesto del proyecto.

En esta etapa el diseñador debe presentar mínimo la siguiente documentación técnica:

- ✓ Planos de montaje y distribución de luminarias.
- ✓ Memorias descriptivas y de cálculos fotométricos
- ✓ Cálculos eléctricos.
- ✓ Una propuesta de esquema funcional de la instalación para propiciar el uso racional de la energía.
- ✓ El esquema y programa de mantenimiento.
- ✓ Las especificaciones de los equipos recomendados.

1.11 GENERALIDADES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN

La luz es un componente esencial en cualquier medio, hace posible la visión del entorno y además que se considera que el 50% de la información sensorial que recibe el hombre es de tipo visual, es decir, tiene como origen primario la luz y teniendo en cuenta que por lo menos una quinta parte de la vida del hombre transcurre bajo alumbrado artificial. La iluminación al interactuar con los objetos y el sistema visual de los usuarios, puede modificar la apariencia del espacio, influir sobre su estética y ambientación y afectar el rendimiento visual, el estado de ánimo y la motivación de las personas.

El diseño de iluminación debe comprender la naturaleza física, fisiológica y psicológica de esas interacciones y además, conocer y manejar los métodos y la

tecnología para producirlas, pero fundamentalmente demanda, competencia, creatividad e intuición para utilizarlas.

El diseño de iluminación debe definirse como la búsqueda de soluciones que permitan optimizar la relación visual entre el usuario y su medio ambiente. La iluminación puede ser proporcionada mediante luz natural, luz artificial, en lo posible se debe buscar una combinación de ellas que conlleven al uso racional y eficiente de la energía. [2]

1.11.1 Iluminación eficiente

La iluminación puede ser proporcionada mediante luz natural, luz artificial, en lo posible se debe buscar una combinación de ellas que conlleven al uso racional y eficiente de la energía. En los proyectos de iluminación se deben aprovechar los desarrollos tecnológicos de las fuentes luminosas, las luminarias, los dispositivos ópticos y los sistemas de control, de tal forma que se tenga el mejor resultado lumínico con los menores requerimientos de energía posibles.

Un sistema de iluminación eficiente es aquel que, además de satisfacer necesidades visuales y crear ambientes saludables, seguros y confortables, posibilita a los usuarios disfrutar de ambientes agradables, empleando los recursos tecnológicos más apropiados y evaluando todos los costos que se incurren en la instalación, operación y mantenimiento del proyecto de iluminación se llegue al menor valor. [2]

1.11.2 La iluminación en el análisis de riesgos.

Todo diseño de un proyecto de iluminación debe resolver los factores de riesgo propios del sistema de iluminación, para lo cual el diseñador deberá hacer una evaluación de tales factores. En el análisis se deben considerar todos los aspectos de la iluminación relacionados con la salud y seguridad de las personas, el medio ambiente y la vida animal y vegetal, en este sentido debe considerarse los requerimientos de iluminación de emergencia, en caso de falla en las instalaciones de alumbrado normal o del suministro de energía.

Una iluminación inadecuada, por exceso o defecto, puede llevar a patologías asociadas como dolores de cabeza, irritación de los ojos, trastornos músculo esquelético, debido a posiciones constantes y generalmente inadecuadas, asociadas a la utilización rápida y repetitiva de ciertos grupos musculares, que se traducen en cansancio muscular que lleva a malas posturas con alteraciones dolorosas de columna vertebral, principalmente en la región cervical y lumbar.

1.11.3 Medición del flujo luminoso.

Las medidas de flujo luminoso se deben realizar en laboratorios acreditados o reconocidos por medio de un fotoelemento ajustado según la curva de sensibilidad fotópica de ojo a las radiaciones monocromáticas, incorporado a un casco esférico (Esfera de Ulbricht,) y en cuyo interior se coloca la fuente luminosa a medir.

En consideración a que hay tres tipos de respuesta visual; Fotópica o visión de día (3 cd/m^2 a mas), Escotópica o visión de noche (0.001 cd/m^2 o menos), Mesotópica como combinación entre la fotópica y la escotópica (0.001 cd a 3 cd/m^2) (Lighting hand book pag 1-6) , investigaciones recientes demuestran la importancia de incluir en los sistemas de iluminación el uso de las fuentes de luz cuyas características de emisión permiten una mejor percepción bajo condiciones de iluminación mesotópica y escotópica.

1.11.4 Medidor de iluminancia.

La iluminancia se mide en Luxes con un Luxómetro, el cual tiene tres características importantes: La sensibilidad, corrección de color y corrección coseno. La luminancia media sobre un área específica se mide en Candelas / m² con un luminancímetro, este aparato posee un sistema óptico que enfoca la imagen sobre un detector, mirando a través del sistema óptico el operador puede identificar el área sobre la que está midiendo la luminancia, y usualmente muestra la luminancia promedio sobre esta área.

La sensibilidad se refiere al rango de iluminancia que cubre, dependiendo si será usado para medir luz natural, iluminación interior o exterior nocturna. Para una adecuada medición de iluminancia se requiere que el luxómetro tenga certificado de calibración vigente y las siguientes especificaciones técnicas: respuesta espectral \leq al 4% de la curva CIE Standard, error de Coseno \leq al 3% a 30° , pantalla de 3,5 dígitos, precisión de $\pm 5\%$ de lectura \pm un dígito y rango de lectura entre 0.1 y 19.990 luxes.

1.11.5 Niveles de iluminancia y deslumbramiento.

En lugares de trabajo se debe asegurar el cumplimiento de los niveles de iluminancia de la Tabla 440.1, del Reglamento técnico de iluminación RETILAP adaptados de la norma ISO 8995 "Principles of visual ergonomics -- The lighting of indoor work systems". [2]

El valor medio de iluminancia, relacionado con la tabla 440.1, debe considerarse como el objetivo de diseño.

En cualquier momento durante la vida útil del proyecto la medición de iluminancia promedio no podrá ser superior al valor máximo, ni inferior al valor mínimo establecido en la tabla 440.1. [2]

A continuación la Tabla 2 nombra algunas áreas y actividades relacionadas con este proyecto. En esta misma se encuentran los valores máximos permitidos para el deslumbramiento (UGR).

Tabla 2 Índice UGR máximo y niveles de iluminancia exigibles para diferentes áreas y actividades.

TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD	UGR	NIVELES DE ILUMINANCIA (lx)		
		Mínimo	Medio	Máximo
Colegios	19	300	500	750
Salones de clase	19	300	500	750
Iluminación general	19	300	500	750
Tableros para emplear con tizas	19	300	500	750
Elaboración de planos	16	500	750	1000
Salas de conferencias	16	500	750	1000
Iluminación general	22	300	500	750
Tableros	19	500	750	1000
Bancos de demostración	19	500	750	1000
Laboratorios	19	300	500	750
Salas de arte	19	300	500	750
Talleres	19	300	500	750
Salas de asamblea	22	150	200	300

1.11.6 Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación.

Los proyectos de iluminación y alumbrado público deben incorporar y aplicar conceptos de uso racional y eficiente de energía, para conseguir una iluminación adecuada sin desatender las demandas visuales, la eficiencia energética de una instalación de iluminación de una zona, se determinará mediante el valor de eficiencia energética de la instalación VEEI (W/m^2) por cada 100 lux mediante la siguiente expresión:

$$VEEI = \frac{P * 100}{S * E_m} \quad (1)$$

Dónde:

VEEI	Valor de eficiencia energética de la instalación.
P	Potencia total instalada en lámparas más equipos auxiliares (W).
S	Superficie iluminada (m^2).
E_m	Iluminancia media horizontal mantenida (lux).

Con el fin de establecer los correspondientes valores de eficiencia energética límite, las instalaciones de iluminación se identificarán, según el uso de la zona, dentro de uno de los 2 grupos siguientes:

- ✓ **Grupo 1:** Zonas de baja importancia lumínica o espacios en los que el criterio de diseño, la imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario

con la iluminación, queda relegado a un segundo plano frente a otros criterios como el nivel de iluminación, el confort visual, la seguridad y la eficiencia energética.

- ✓ **Grupo 2:** Zonas de alta importancia lumínica o espacios donde el criterio de diseño, imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, son preponderantes frente a los criterios de eficiencia energética.

Los valores de eficiencia energética límite en recintos interiores de un edificio se establecen en la Tabla 3.

Tabla 3 Valores límite de eficiencia energética de la instalación (VEEI).

GRUPO	ZONAS DE ACTIVIDAD DIFERENCIADA	LIMITE VEEI
Zonas de baja importancia lumínica	Administrativo en general	3,5
	Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	5
	Zonas comunes	4,5
	Aparcamientos	5
	Aulas y laboratorios	4
	Andenes estaciones de transporte	3,5
	Habitaciones de hospital	4,5
	Salas de diagnóstico	3,5
	Espacios deportivos	5
	Pabellones de exposición o ferias	3,5
	Recintos interiores asimilables a Grupo 1 no descritos en la lista anterior	4,5
Zonas de alta importancia lumínica	Administrativo en general	6
	Estaciones de transporte	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)	8
	Hostelería y restauración	10
	Recintos interiores asimilables a grupo 2 no descritos en la lista anterior	10
	Religioso en general	10
	Tiendas y pequeño comercio	10
	Zonas comunes	1
	Habitaciones de hoteles, hostales, etc.	12

1.12 REQUISITOS GENERALES DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN.

1.12.1 Reconocimiento del sitio y objetos a iluminar:

Antes de proceder con un proyecto de iluminación se deben conocer las condiciones físicas y arquitectónicas del sitio o espacio a iluminar, así poder determinar si hay espacios con deficiente iluminación o que presenten deslumbramiento ocasionados por contrastes de brillo, también poder determinar

sus condiciones ambientales y su entorno, dependiendo de tales condiciones se deben tomar decisiones que conduzcan a tener resultados acordes con los requerimientos del presente reglamento. Son determinantes en una buena iluminación conocer aspectos como el color de los objetos a iluminar, el contraste con el fondo cercano y circundante y el entorno, el tamaño y brillo del objeto.

1.12.2 Requerimientos de iluminación:

En un proyecto de iluminación se deben conocer los requerimientos de luz para los usos que se pretendan, para lo cual se debe tener en cuenta los niveles óptimos de iluminación requeridos en la tarea a desarrollar, las condiciones visuales de quien las desarrolla, el tiempo de permanencia y los fines específicos que se pretendan con la iluminación. Igualmente, el proyecto debe considerar los aportes de luz de otras fuentes distintas a las que se pretenden instalar y el menor uso de energía sin deteriorar los requerimientos de iluminación. Otros aspectos a tener en cuenta para satisfacer los requerimientos de iluminación están relacionados con el tipo de luz.

En todo proyecto de iluminación o alumbrado público se debe estructurar un plan de mantenimiento del sistema que garantice atender los requerimientos de iluminación durante la vida útil del proyecto, garantizando los flujos luminosos dentro de los niveles permitidos (flujo luminoso mantenido).

1.12.3 Selección de luminarias y fuentes luminosas.

En todos los proyectos de iluminación, se deben elegir las luminarias y fuentes luminosas teniendo en cuenta, la eficacia lumínica, flujo luminoso, características fotométricas, reproducción cromática, temperatura del color de la fuente, duración y vida útil de la fuente, tipo y características de la luminaria, todo esto acorde con las actividades y objetivos de uso de los espacios a iluminar; así como de consideraciones arquitectónicas, ambientales y económicas.

Para cumplir estos criterios los fabricantes y/o comercializadores de fuentes luminosas, luminarias, balastos y en general los productos usados en iluminación deben suministrar la información exigida en los requisitos de productos de la sección 300 y complementada con información de catálogos o fichas técnicas de público conocimiento, tal información debe ser la utilizada por los diseñadores y referenciada en las memorias de cálculo.

El diseñador debe tener en cuenta que las luminarias se diseñan para funcionar con determinados tipos de fuentes lumínicas existentes en el mercado; esto implica que una vez definido el tipo de fuente, el universo de luminarias disponibles se reduce. Lo mismo ocurre con las fuentes si primero se define el tipo de luminaria. De manera que la elección debe hacerse en forma que siempre se

use la fuente lumínica con una luminaria diseñada para ella o viceversa. Los criterios que se deben usar para identificar los tipos de luminarias son:

- ✓ Su fotometría.
- ✓ Su uso.
- ✓ El tipo de fuente de luz o bombilla.

1.12.4 Flujo luminoso para diseño.

Para el diseño de iluminación y alumbrado público los cálculos se deben hacer tomando el valor de flujo luminoso nominal de las fuentes. El diseñador deberá considerar los factores y características de mantenimiento del flujo luminoso, a lo largo de la vida de la fuente.

1.12.4.1 Duración o vida útil de la fuente lumínica.

Uno de los factores a tener en cuenta en todo proyecto de iluminación es la vida útil de la fuente, por lo que el fabricante debe suministrar la información sobre el particular.

1.12.4.2 Curvas de Depreciación Luminosa de las Fuentes.

El flujo luminoso de las fuentes luminosas decrece en función del tiempo de operación por desgaste de sus componentes. La curva característica de depreciación bajo condiciones de operación nominales dependiendo de la sensibilidad de la misma al número de ciclos de encendido y apagado. Los fabricantes y/o comercializadores de fuentes luminosas deberán disponer en catálogo o en otro medio de fácil acceso y consulta la información correspondiente a las curvas de depreciación de las fuentes. En el mismo sentido deben informarse las condiciones eléctricas de alimentación y encendido para la operación normal de la bombilla, tales como el rango de tensión de operación nominal de la bombilla.

1.12.4.3 Vida Promedio de las fuentes luminosas.

El fabricante deberá informar sobre la duración de cada tipo de fuente luminosa, publicando la curva de mortalidad correspondiente, o indicando el índice de bombillas sobrevivientes. En este tipo de curva debe determinarse el porcentaje de fuentes que siguen en operación después de un periodo o número de horas de servicio. Con base en esta curva se puede calcular la probabilidad de falla en cada uno de los periodos (años, meses) de funcionamiento de una instalación de alumbrado y hacer los estimativos de reposición de bombillas por mantenimiento.

Las bombillas incandescentes se consideran con vida hasta cuando éstas dejan de encender. En el caso de las bombillas de descarga en gas, la vida útil de la bombilla se considera hasta cuando su flujo luminoso llega al 70% del flujo inicial.

El flujo inicial es el flujo medido en la bombilla a las 100 horas de encendida, operando con un balasto de referencia.

1.12.4.4 Características de reproducción cromática y de temperatura de color.

Para la clasificación de las bombillas en función de su Índice de Reproducción Cromática (Ra o CRI), se deben aplicar los valores de la Tabla 4 adaptada de la publicación CIE 29.2 de 1986 “Guía de iluminación interior. Segunda edición”.

Tabla 4 índice de reproducción de color tomado de la tabla 200.3.4 a del RETILAP.

CLASE	ÍNDICE DE REPRODUCCIÓN DE COLOR (CRI Ó RA) %
1A	>90
1B	80 a 89
2A	70 a 79
2B	60 a 69
3	40 a 59
4	< 20

Los desarrollos tecnológicos actuales y los estándares en fuentes de iluminación permiten determinar fácilmente las características de reproducción cromática y temperatura de color, la Tabla 5 da una orientación al respecto.

Tabla 5 Fuentes luminosas en función de sus características de temperatura de color e índice de reproducción cromática tomada de la tabla 200.3.4 b del RETILAP

RA CRI (%)	CLASE	CALIDO < 3.300 K	NEUTRO 3.300 – 5.000K	FRÍO >5.000 K	CRITERIO DE APLICACIÓN
≥ 90	1 A	Halógenas	Fluorescente lineal y compacta	Fluorescente lineal y compacta	Principalmente donde la apreciación del color sea un parámetro crítico
		Fluorescente lineal y compacta Halogenuros metálicos y cerámicos	Halogenuros metálicos y cerámicos		
80 - 89	1 B	Fluorescente lineal y compacta	Fluorescente lineal y compacta	Fluorescente lineal y compacta	En áreas donde la apreciación correcta del color no es una consideración primaria pero donde es esencial una buena reproducción de colores.
		Halogenuros metálicos y cerámicos	Halogenuros metálicos y cerámicos		
		Sodio Blanco			
70 - 79	2 A	Halogenuros metálicos	Halogenuros metálicos	Halogenuros metálicos	En áreas donde la calidad de apreciación correcta del color es de poca importancia
< 70	2 B, 3 y 4	Mercurio	Mercurio		
		Sodio			

El índice de reproducción cromática y la temperatura de color de la fuente luminosa pueden incidir en las condiciones psicológicas y la percepción estética cuando se realiza una tarea, tales factores pueden acentuarse en función del nivel

de iluminación. Por lo anterior, en la selección de las de las fuentes luminosas los anteriores son factores de importancia a considerar en adición a las preferencias personales, la presencia o ausencia de luz natural y el clima exterior.

En la escogencia de la fuente luminosa como criterio de selección del índice de reproducción de color (Ra) se recomienda tener en cuenta la Norma Europea UNE EN 12464-1 de 2003 “Iluminación. Iluminación de los Lugares de Trabajo. Parte 1: Lugares de Trabajo en Interiores”, que en su Tabla 5 indica el Índice de Reproducción Cromática (Ra), admisible para tareas o actividades.

1.13 TIPOS DE LUMINARIAS

1.13.1 Lámpara fluorescente

La mayor parte de la luz artificial hoy en día se produce en lámparas fluorescentes. Sus ventajosas características, tales como la gran variedad de formas y tamaños disponibles, la flexibilidad en sus propiedades de reproducción de color, el buen desempeño en términos de conversión de potencia eléctrica en luz, la emisión de luz difusa y la comparativamente baja luminancia que presentan, hacen de esta lámpara una fuente de luz adecuada para numerosas aplicaciones. Principio de funcionamiento Las lámparas fluorescentes pertenecen a la categoría de lámparas de descarga en gases a baja presión. Están constituidas básicamente (Figura 9 Esquema de una lámpara fluorescente.) por un bulbo o tubo de descarga con vapor de mercurio y recubierto de polvos fluorescentes (denominados “fósforos”) en la pared interior del tubo para la conversión de radiación UV en visible, un par de electrodos sellados herméticamente en los extremos del tubo y los casquillos que proporcionan la adecuada conexión eléctrica a la fuente de suministro de energía.

Figura 9 Esquema de una lámpara fluorescente.



Fuente: Luminotecnia. Iluminación de interiores y exteriores.

La descarga eléctrica en una atmósfera de mercurio a baja presión es convertida principalmente en radiación UV. Típicamente alrededor del 63% es convertida en radiación UV-C en longitudes de onda de 185.0 nm y en 253,7 nm. Una pequeña

cantidad de energía, aproximadamente el 3%, es convertida directamente en radiación visible, predominantemente en las longitudes de onda de 405 nm (violeta), 436 nm (azul), 546 nm (verde) y 577 nm (amarillo). El efecto de estas mezclas de cuatro colores le da a la descarga un color azul pálido. El resto de la energía es disipada en forma de calor, en los electrodos y en la descarga, como consecuencia de los choques entre iones y átomos del gas.

1.13.2 Lámpara incandescente

Es la más popular por su bajo precio y el color cálido de su luz. También es la de menor rendimiento luminoso: 12 a 18 lm/W (lúmenes por vatio) y la que menor vida útil tiene, unas 1000 horas. No ofrece muy buena reproducción de los colores, ya que no emite en la zona de colores fríos, pero al ser su espectro de emisiones continuo logra contener todas las longitudes de onda en la parte que emite del espectro. Su eficiencia es muy baja, ya que solo convierte en trabajo (luz visible) alrededor del 15% de la energía consumida. Otro 25% será transformado en energía calorífica y el 60% restante en ondas no perceptibles (Luz ultravioleta e infrarroja) que acaban convirtiéndose en calor. Técnicamente son muy ineficientes ya que el 90% de la electricidad que utilizan la transforman en calor.

Figura 10 Esquema de una lámpara incandescente.

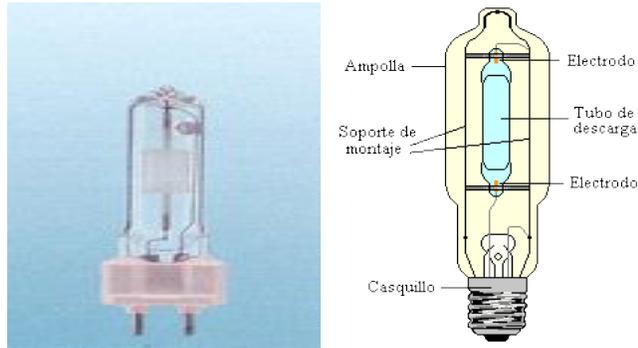


Fuente: Luminotecnia. Iluminación de interiores y exteriores.

1.13.3 Lámpara de Halogenuros Metálicos.

Las lámparas de mercurio halogenado son de construcción similar a las de mercurio de alta presión. La diferencia principal entre estos dos tipos, es que el tubo de descarga de la primera, contiene una cantidad de haluros metálicos además del mercurio. Estos haluros son en parte vaporizados cuando la lámpara alcanza su temperatura normal operativa, El vapor de haluros se disocia luego dentro de la zona central caliente del arco en halógeno y en metal, con el metal vaporizado irradia su espectro apropiado. Hasta hace poco estas lámparas han tenido una mala reputación, al tener un color inestable, precios elevados y poca vida. Hoy han mejorado aumentando su eficacia lumínica y mejorando el índice de reproducción del color, punto débil en el resto de lámparas de descarga.

Figura 11 Lámpara de Halogenuros Metálicos.



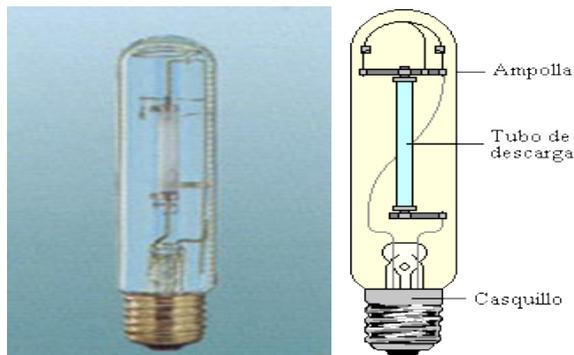
Fuente: Luminotecnia. Iluminación de interiores y exteriores.

1.13.4 Lámpara de sodio de Alta Presión

La diferencia de presiones del sodio en el tubo de descarga es la principal y más sustancial variación con respecto a las lámparas anteriores. El exceso de sodio en el tubo de descarga, para dar condiciones de vapor saturado además de un exceso de mercurio y Xenón, hacen que tanto la temperatura de color como la reproducción del mismo mejoren notablemente con las anteriores, aunque se mantienen ventajas de las lámparas de sodio baja presión como son la eficacia energética elevada y su larga vida.

Apariencia de color: blanco amarillo
Temperatura de color: 2000 - 2500 °K
Reproducción de color: Ra 25 - Ra 80
Vida útil: 16000 h

Figura 12 Lámpara de sodio de Alta Presión.



Fuente: Luminotecnia. Iluminación de interiores y exteriores.

1.14 DEPRECIACIÓN DE LOS TIPOS DE LUMINARIAS

1.14.1 Depreciación de Bombillas Incandescentes.

La eficacia luminosa de una bombilla incandescente, disminuye a medida que transcurre el tiempo de funcionamiento de dicha bombilla, en razón a que el filamento, por estar sometido a la temperatura de incandescencia, sufre una evaporación gradual de partículas que se condensan en las paredes del bulbo, ennegreciéndolo, provocando una disminución del flujo luminoso. Las fluctuaciones de tensión, aunque sean pequeñas y de carácter regular, afectan sustancialmente la duración de la bombilla, así un incremento del 5% de la tensión puede disminuir hasta un 50% de la vida de la bombilla.

1.14.2 Depreciación de Bombillas o Lámparas Fluorescentes.

Una bombilla fluorescente deja de funcionar, por el desgaste progresivo de los depósitos emisores de electrones situados en los electrodos. La variación del flujo luminoso, está ligada al gradual oscurecimiento del depósito de sustancia fluorescente, debido a la acción del mercurio y a una alteración de la sustancia fluorescente, causada por la radiación ultravioleta de la descarga. El final de la vida de los tubos fluorescentes, se alcanza cuando no queda material suficiente en ninguno de los dos cátodos para formar el arco. No obstante que los tubos fluorescentes no son tan sensibles a los cambios de tensión, como lo son las bombillas incandescentes, tanto un mayor valor como uno menor de tensión nominal, tiende a reducir la duración y eficacia de la bombilla. Un efecto similar produce las bajas o altas temperaturas y la humedad, lo que reduce la emisión lumínica de los tubos fluorescentes.

1.14.3 Depreciación de Bombillas de Halógenos Metálicos.

La emisión lumínica de las bombillas de vapor de mercurio, disminuye gradualmente en el transcurso de su vida, principalmente como resultado del depósito de materiales de emisión de los electrodos, en las paredes del tubo de arco. En las primeras horas de funcionamiento esta reducción es superior a la que aparece luego hasta el final de la vida de la bombilla y por ello, el flujo luminoso nominal debe corresponder al obtenido a las 100 horas de funcionamiento. Para las bombillas de halógenos metálicos, se observa un excelente y mayor mantenimiento luminoso durante toda la vida de las mismas, cuando éstas son instaladas en posición vertical.

La operación a sobretensión aumenta la emisión luminosa, sin embargo, los electrodos del tubo de arco están sometidos a temperaturas excesivas, que generan una disminución en el mantenimiento de lúmenes y acortando la vida de la bombilla. Los electrodos se deterioran a lo largo de su vida útil y más rápidamente en el período de arranque de la bombilla. La terminación de la vida

de las bombillas de vapor de mercurio, es determinada por el envejecimiento de los extremos del tubo de arco y por deterioro del extremo de los electrodos, esto produce disminución del flujo luminoso de la bombilla y una luz tenue de color verdoso.

1.14.4 Depreciación de Bombillas de Sodio Alta Presión.

El tiempo de encendido por arranque, afecta la vida útil de la bombilla de alta presión. Algunas, independientemente de la posición de operación, mantienen su eficacia y permiten con un solo tipo de bombilla, lograr múltiples aplicaciones. Un excesivo incremento en la tensión de alimentación de la bombilla causaría una reducción de su vida. Las bombillas de sodio, como característica, tienen una larga vida promedio, superior a las otras fuentes de descarga de alta intensidad. En el caso del valor de la vida útil de la bombilla, suministrada en los catálogos, no es necesario que esté certificada por un laboratorio debidamente acreditado, es suficiente con que esté autocertificado por el fabricante de la misma.

1.15 RAZONES QUE HACEN NECESARIA LAS MEDICIONES DE ILUMINANCIA GENERAL

La medición de iluminancia general (promedio) de un salón puede ser necesaria por cualquiera de las siguientes razones:

- a) Para verificar el valor calculado de una instalación nueva.
- b) Para determinar si hay acuerdo con una especificación o práctica recomendada.
- c) Para revelar la necesidad de mantenimiento, modificación o reemplazo.
- d) Para verificar las condiciones de contraste de brillo en un puesto de trabajo.
- e) Por comparación con el objeto de lograr una solución que sea recomendable desde los puntos de vista de calidad de luz y economía.

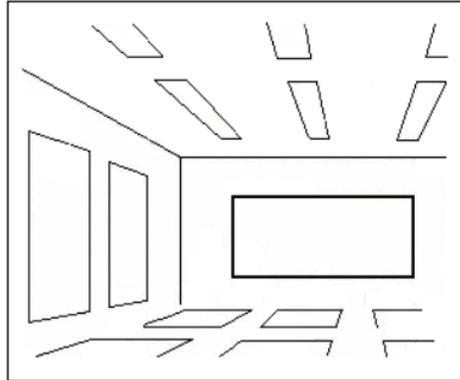
1.16 ALUMBRADO EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS, SALAS DE LECTURA Y AUDITORIOS.

La iluminación de aulas de clase, salas de lectura, requiere especial cuidado y una gran responsabilidad por parte de diseñadores y constructores de sistemas de iluminación, una iluminación deficiente en estos lugares puede generar serias afectaciones visuales especialmente a niños y adolescentes, con graves consecuencias en algunos casos por las limitaciones visuales.

1.16.1 Iluminación de aulas de clase:

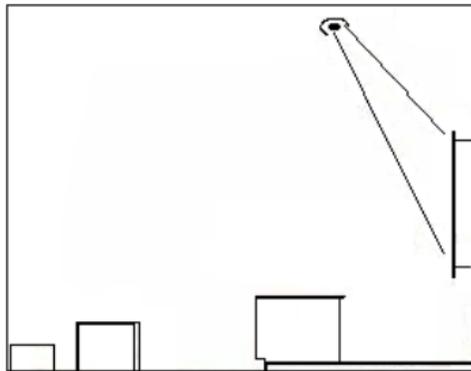
El alumbrado de un aula de enseñanza debe ser apropiado para actividades tales como escritura, lectura de libros y del tablero. Como estas actividades son parecidas a las de las oficinas, los requisitos generales de alumbrado de éstas pueden aplicarse al de escuelas. Es requisito que el diseño verifique la necesidad de proveer iluminación adicional en el tablero.

Figura 13 Alumbrado aulas de clase.



Fuente: Reglamento Técnico De Iluminación Y Alumbrado Público (RETILAP). [2]

Figura 14 Alumbrado adicional sobre el tablero.



Fuente: Reglamento Técnico De Iluminación Y Alumbrado Público (RETILAP). [2]

1.16.2 Iluminación de salas de lectura y auditorios.

En las salas de lectura y auditorios normalmente no hay luz diurna y sólo existe la artificial. En estos locales se debe tener en cuenta los siguientes requisitos:

- ✓ Niveles de iluminación requeridos para lectura y escritura según la Tabla 2.
- ✓ Se debe tener especial cuidado en prevenir el deslumbramiento.
- ✓ Se debe disponer de un equipo especial de regulación de flujo luminoso para la proyección de películas y diapositivas.
- ✓ Se debe instalar un alumbrado localizado sobre la pizarra de la pared con una iluminancia vertical de 750 luxes.
- ✓ Se debe contar con un panel de control que permita encender y apagar los distintos grupos de luminarias, manejar el equipo de regulación de alumbrado y eventualmente controlar el sistema automático de proyección.

- ✓ En estos recintos se debe contar con instalación de un alumbrado de emergencia y de señalización de las salidas.

1.17 CÁLCULOS PARA ILUMINACIÓN INTERIOR

En los cálculos de iluminación interior se deben tener en cuenta los requisitos de iluminancia, la uniformidad y el índice de deslumbramiento.

El nivel de iluminancia de un local se debe expresar en función de la iluminancia promedio en el plano de trabajo. Para la aplicación del presente reglamento se deben cumplir los valores de la Tabla 440.1 del RETILAP. Si no se especifica la altura del plano de trabajo (hm), se deberá tomar un plano imaginario a 0,75 m, sobre el nivel del suelo para trabajar sentados y de 0,85 m para trabajos de pie.

La iluminancia promedio se calcula mediante la fórmula:

$$E_{prom} = \frac{\Phi_{tot} * CU * FM}{A} \quad (2)$$

Dónde:

Φ_{tot}	Flujo luminoso total de las bombillas.
A	Área del plano de trabajo en m ²
CU	Coefficiente o Factor de utilización para el plano de trabajo.
FM	Factor de mantenimiento.

El método de cálculo podrá ser manual o a través de un software especializado, el cual ejecutará los cálculos referenciados obteniendo como mínimo los resultados siguientes.

- a) El valor de eficiencia energética de la instalación VEEI.
- b) La iluminancia promedio horizontal mantenida E_{prom} en el plano de trabajo.
- c) El índice de deslumbramiento unificado UGR para el observador.

2. PROCESOS PARA LA MEDICIÓN DE ILUMINACION

2.1 MEDICIÓN DE ILUMINANCIA GENERAL DE UN SALÓN

Para mediciones de precisión el área debe ser dividida en cuadrados y la iluminancia se mide en el centro de cada cuadrado y a la altura del plano de trabajo.

La medición de iluminancia General (promedio) puede ser necesaria por cualquiera de las siguientes razones:

- a) Para chequear el valor calculado de una instalación nueva.
- b) Para determinar si hay acuerdo con una especificación o práctica recomendada.
- c) Para revelar la necesidad de mantenimiento, modificación o reemplazo.
- d) Para verificar las condiciones de contraste de brillo en un puesto de trabajo.
- e) Por comparación con el objeto de lograr una solución que sea recomendable desde los puntos de vista de calidad de luz y economía.

A menos que se especifique de otra forma, las mediciones sobre el plano horizontal deben realizarse a una altura de 0.85 m. sobre el piso. Es muy importante registrar una descripción detallada del área de reconocimiento junto con todos los otros factores que pueden afectar los resultados, tales como:

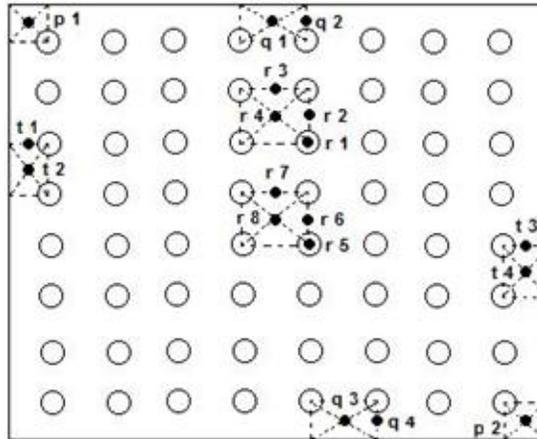
- a) Tipo de lámpara y su tiempo de utilización.
- b) Tipo de luminaria y balasto.
- c) Voltaje.
- d) Reluctancias de la superficie interior.
- e) Estado de mantenimiento, último día de limpieza.
- f) Instrumento de medición usado en el reconocimiento.

Se debe evaluar en el centro de las cuadrículas seleccionadas por el método de la constante del salón.

2.2 PUNTOS DE MEDICIÓN PARA DIFERENTES CONFIGURACIONES DE LUMINARIAS.

2.2.1 Medición de iluminancia promedio, en áreas regulares con luminarias espaciadas simétricamente en dos o más filas.

Figura 15 Puntos de medición de iluminancia en la cuadrícula de un local con luminarias espaciadas simétricamente en dos o más filas.



Fuente: Reglamento Técnico De Iluminación Y Alumbrado Público (RETILAP). [2]

$$E_{prom} = \frac{R(N - 1)(M - 1) + Q(N - 1) + T(M - 1) + P}{NM} \quad (3)$$

Dónde:

E_{prom} Iluminancia promedio.
N Número de luminarias por fila.
M Número de filas.

1. Se toman lecturas en los puntos r 1, r 2, r 3 y r 4 para una cuadrícula típica interior. Se repite a los puntos r 5, r 6, r 7 y r 8 para una cuadrícula típica central, promedie las 8 lecturas. Este es el valor R de la ecuación de la iluminancia promedio.

$$R = \frac{r_1 + r_2 + r_3 + r_4 + r_5 + r_6 + r_7 + r_8}{8} \quad (4)$$

2. Se toman lecturas en los puntos q 1, q 2, q 3, y q 4, en dos cuadrículas típicas de cada lado del salón. El promedio de estas cuatro lecturas es el valor Q de la ecuación de la iluminancia promedio.

$$Q = \frac{q_1 + q_2 + q_3 + q_4}{4} \quad (5)$$

3. Se toman lecturas en los puntos t_1 , t_2 , t_3 , y t_4 en dos cuadrículas típicas de cada final del salón, se promedian las cuatro lecturas. Este es el valor T de la ecuación de la iluminancia promedio.

$$T = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}{4} \quad (6)$$

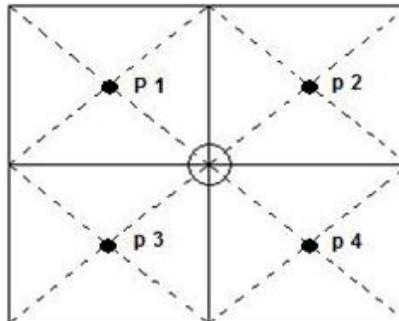
4. Se toman lecturas en los puntos p_1 , p_2 , en dos cuadrículas típicas de las esquinas, se promedian las dos lecturas. Este es el valor P de la ecuación de la iluminancia promedio.

$$P = \frac{p_1 + p_2}{2} \quad (7)$$

5. Se determina la iluminancia promedio en el área utilizando la ecuación de E_{prom} .

2.2.2 Áreas regulares luminaria simple con localización simétrica.

Figura 16 Puntos de medición de iluminancia de una luminaria en la cuadrícula de un local con una sola luminaria.



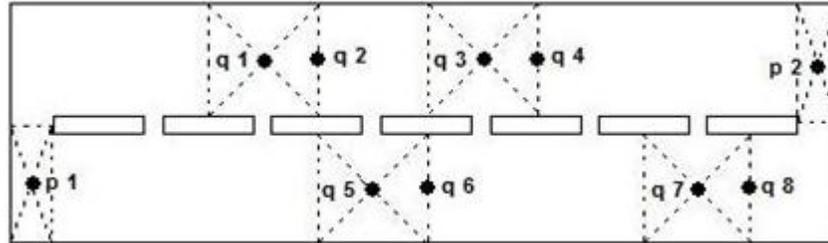
Fuente: Reglamento Técnico De Iluminación Y Alumbrado Público (RETILAP). [2]

Se toman lecturas en los puntos p_1 , p_2 , p_3 , y p_4 , en las cuatro cuadrículas, se promedian las cuatro lecturas. Este es el valor P de la ecuación de la iluminancia promedio del área de la Figura 16.

$$P = \frac{p_1 + p_2 + p_3 + p_4}{4} \quad (8)$$

2.2.3 Áreas regulares con luminarias individuales en una sola fila.

Figura 17 Puntos de medición de iluminancia en la cuadrícula de un local con luminarias individuales en una sola fila.



Fuente: Reglamento Técnico De Iluminación Y Alumbrado Público (RETILAP). [2]

$$E_{prom} = \frac{Q(N - 1) + P}{N} \quad (9)$$

Dónde:

E_{prom} Iluminancia promedio.
 N Número de luminarias.

1. Se toman lecturas en los puntos q 1, hasta q 8, en cuatro cuadrículas típicas, localizadas dos en cada lado del área. Se promedian las 8 lecturas. Este es el valor de Q de la ecuación de la iluminancia promedio.

$$Q = \frac{q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6 + q_7 + q_8}{8} \quad (10)$$

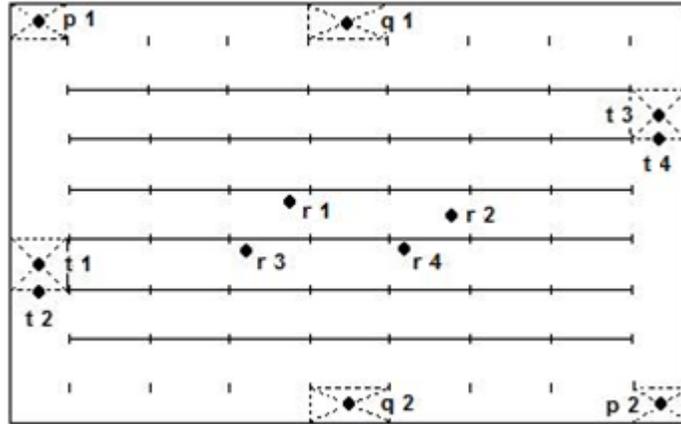
2. Se toman lecturas en los puntos p 1, y p 2, para dos cuadrículas típicas de las esquinas. Se promedian las 2 lecturas. Este es el valor P de la ecuación de la iluminancia promedio.

$$P = \frac{p_1 + p_2}{2} \quad (11)$$

3. Se determina la iluminancia promedio en el área utilizando la ecuación de E_{prom} .

2.2.4 Áreas regulares con luminarias de dos o más filas.

Figura 18 Puntos de medición de iluminancia en la cuadrícula de un local con dos o más filas de luminarias.



Fuente: Reglamento Técnico De Iluminación Y Alumbrado Público (RETILAP). [2]

$$E_{prom} = \frac{RN(m-1)(m-1) + QN + T(m-1) + P}{M(n+1)} \quad (12)$$

Dónde:

E_{prom} Iluminancia promedio.
 N Número de luminarias por fila.
 M Número de filas.

1. Se toman lecturas en los puntos r_1 , r_2 , r_3 y r_4 localizados en el centro del área y se promedian las 4 lecturas. Este es el valor R de la ecuación de la iluminancia promedio.

$$R = \frac{r_1 + r_2 + r_3 + r_4}{4} \quad (13)$$

2. Se toman lecturas en los puntos q_1 , y q_2 , localizadas en la mitad de cada lado del salón y entre la fila de luminarias más externa y la pared. El promedio de estas dos lecturas es el valor Q de la ecuación de la iluminancia promedio.

$$Q = \frac{q_1 + q_2}{2} \quad (14)$$

3. Se toman lecturas en los puntos t 1, t 2, t 3, y t 4 en cada final del salón Se promedian las cuatro lecturas. Este es el valor T de la ecuación de la iluminancia promedio.

$$T = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}{4} \quad (15)$$

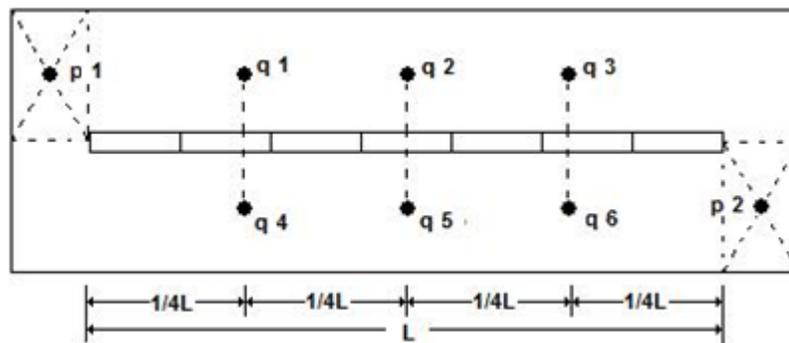
4. Se toman lecturas en los puntos p 1, p 2, en dos cuadrículas típicas de las esquinas. Se promedian las dos lecturas. Este es el valor P de la ecuación de la iluminancia promedio.

$$P = \frac{p_1 + p_2}{2} \quad (16)$$

5. Se determina la iluminancia promedio en el área utilizando la ecuación de E_{prom}.

2.2.5 Áreas regulares con fila continua de luminarias individuales.

Figura 19 Puntos de medición de iluminancia en la cuadrícula de un local con una fila continua de luminarias.



Fuente: Reglamento Técnico De Iluminación Y Alumbrado Público (RETILAP). [2]

$$E_{prom} = \frac{QN + P}{N + 1} \quad (17)$$

Dónde:

E_{prom} iluminancia promedio.
N Número de luminarias.

1. Se toman lecturas en los puntos q 1, hasta q 6. Se promedian las 6 lecturas. Este es el valor Q de la ecuación de la iluminancia promedio.

$$Q = \frac{q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6}{6} \quad (18)$$

2. Se toman lecturas en los puntos p 1, y p 2, para dos cuadrículas típicas de las esquinas. Se promedian las 2 lecturas. Este es el valor P de la ecuación de la iluminancia promedio.

$$P = \frac{p_1 + p_2}{2} \quad (19)$$

3. Se determina la iluminancia promedio en el área utilizando la ecuación de Eprom.

2.3 FACTORES A TENER EN CUENTA EN LA MEDICIÓN

Es muy importante registrar una descripción detallada del área de la medición, junto con todos los otros factores que pueden afectar los resultados, tales como:

- a) Tipo de bombilla y su tiempo de utilización.
- b) Tipo de luminaria y balasto.
- c) Medida de la tensión de alimentación.
- d) Reflectancias de la superficie interior.
- e) Estado de mantenimiento, último día de limpieza.
- f) Instrumento de medición usado en la medición.

Antes de tomar las lecturas, la fotocelda del luxómetro debe ser previamente expuesta hasta que las lecturas se estabilicen, que usualmente requiere de 5 a 15 minutos. Se debe tener cuidado de que ninguna sombra se ubique sobre la fotocelda cuando se realizan las lecturas. Una vez estabilizado el equipo, la lectura a tomar para el análisis es el valor promedio indicado en la pantalla. Normalmente los equipos actuales suministran los valores Máximo, Mínimo y Promedio siendo este valor promedio el que se utiliza para establecer las condiciones de trabajo. La medición de iluminancia de un sistema de iluminación artificial se debe realizar en la noche o con ausencia de luz día.

Antes de realizar las mediciones, las bombillas se deben encender y permitir que la cantidad de luz que emiten se estabilice. Si se utilizan bombillas de descarga, se debe permitir al menos que transcurran 20 minutos antes de tomar las lecturas. Cuando el montaje es de lámparas fluorescentes totalmente encerradas, el proceso de estabilización puede tomar mayor tiempo.

Si se encuentran instalaciones con lámparas fluorescentes o de descarga nuevas, se debe esperar al menos 100 horas de operación antes de tomar las mediciones. Si el área contiene maquinaria alta o estantes altos, generalmente se obtiene un

promedio de iluminancia de baja calidad o de resultado sospechoso. Por consiguiente la iluminancia debe medirse sólo en las zonas o lugares donde es necesario para la actividad que se quiere realizar.

Durante la medición, los valores de incidencia de la luz no deben ser influenciados por la persona que lleva a cabo la medición ni por los objetos que se encuentren en la posición que les corresponde (debido a que generan sombras o reflexiones).

Por lo general, la medición de la iluminancia promedio horizontal se realiza en recintos vacíos o zonas libres de muebles cuya altura total sea superior a la del plano de medición. [2]

2.4 EQUIPOS DE MEDICIÓN

Para medir la intensidad de iluminación se emplean luxómetros, esencialmente constituidos por una célula fotoeléctrica que bajo la acción de la luz engendra una corriente eléctrica que se mide en un miliamperio.

El cuadrante del miliamperímetro está graduado directamente en lux o en bujías-pies. Una bujía (Foot – Candle). Una Bujía – pie equivale a 10.76 lux.

Para que las indicaciones en estos aparatos sean correctas deben reaccionar a la luz de la misma manera que al ojo humano; es decir que deben tener una curva de sensibilidad semejante a la respuesta del ojo humano, para lograr esto, se utilizan filtros coloreados que rectifican la curva de sensibilidad del aparato. Se dice entonces que el Luxómetro o Albuminómetro es de célula corregida.

Tabla 7 Formato 2. Medición de la iluminancia promedio general de un salón.

MEDIDAS DE ILUMINANCIA GENERAL

EMPRESA: _____

SECCIÓN: _____

Dimensiones del Salón: Largo: _____ Ancho: _____ Altura: _____

Disposición de las luminarias en el local: _____

(La identificación de puntos de medición depende del local y la distribución de las luminarias. Consultar el Numeral 490-1 del Capítulo 4 del RETILAP y fórmulas para el cálculo de Eprom)

EQUIPO DE MEDIDA: _____

Tabla de datos

Identificación de los puntos	DIA			NOCHE	OBSERVACIONES
	Mañana(AM)	Medio día(M)	Tarde(PM)		
r-1					
r-2					
r-3					
r-4					
r-5					
r-6					
r-7					
r-8					
q-1					
q-2					
q-3					
q-4					
q-5					
q-6					
q-7					
q-8					
t-1					
t-2					
t-3					
t-4					
p-1					
p-2					
p-3					
p-4					
Eprom					

% UNIFORMIDAD: _____

Responsable _____ **Matrícula profesional N°** _____

3. INSPECCIÓN ELÉCTRICA

3.1 LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN

Tabla 9 Protecciones en el punto de derivación.

Artículo	Ítem	Diagnostico	Observaciones
Artículo 30.3 RETIE	Toda subestación tipo poste debe tener por lo menos en el lado primario del transformador protección contra sobrecorrientes y contra sobretensiones.	CUMPLE	Figura 20

Figura 20 Pararrayos y cortacircuitos. [6]



3.1.1 DSP (dispositivos de protección contra sobretensiones)

Tabla 10 Localización.

Artículo	Ítem	Diagnostico	Observaciones
Artículo 17, Numeral 6, Figura 18 RETIE	Toda subestación y toda transición de línea aérea a cable aislado de media, alta o extra alta tensión, debe disponer de dispositivos DSP.	CUMPLE	Figura 20

Tabla 11 Instalación.

Artículo	Ítem	Diagnostico	Observaciones
Artículo 17, Numeral 6, RETIE	La instalación de los DSP debe ser en modo común, es decir, entre conductores activos y tierra.	CUMPLE	Ninguna
Artículo 30.3 RETIE	El DSP debe instalarse en el camino de la corriente de impulso y lo más cerca posible de los bujes del transformador.	NO CUMPLE	Los DSP no se encuentran cerca de los bujes del transformador. Figura 19

3.2 TRANSFORMADOR

Tabla 12 Acceso al transformador.

Artículo	Ítem	Diagnostico	Observaciones
Artículo 17.10 RETIE	En los transformadores debe haber fácil acceso para su inspección y mantenimiento.	CUMPLE	Transformador tipo poste

Figura 21 Transformador tipo poste. [6]



Tabla 13 Puesta a tierra del transformador.

Artículo	Ítem	Diagnostico	Observaciones
45-16, Artículo 17.10 RETIE	Los transformadores sumergidos en aceite deben tener un dispositivo de puesta a tierra para conectar sólidamente el tanque, el gabinete, el neutro y el núcleo.	CUMPLE	Figura 22

Figura 22 Puesta a tierra del transformador. [6]



3.3 TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN

3.3.1 Tableros de distribución principal

Tabla 14 Identificación.

Artículo	Ítem	Diagnostico	Observaciones
Artículo 17.9 RETIE	Todo tablero de distribución indica la posición que deben tener las palancas de accionamiento de los interruptores, al cerrar o al abrir el circuito.	CUMPLE	El mismo dispositivo de corte de los circuitos indica la posición.

Figura 23 Tablero principal. [6]



Tabla 15 Posición en las paredes.

Artículo	Ítem	Diagnostico	Observaciones
373-3 NTC2050	Los gabinetes en las paredes deben estar a nivel con la superficie terminada, o si las superficies no son combustibles a no más de 6 mm de la superficie terminada	CUMPLE	Ninguna

Tabla 16 Aberturas no utilizadas.

Artículo	Ítem	Diagnostico	Observaciones
373-4 NTC2050	Todas las aberturas no utilizadas deben estar tapadas	CUMPLE	La tapa del tablero de distribución no está ubicada de forma correcta. Figura 23.

Tabla 17 Conductores.

Artículo	Ítem	Diagnostico	Observaciones
373-5 NTC2050	Los cables deben estar asegurados a los gabinetes y cajas de corte.	NO CUMPLE	Los cables no están organizados dentro del gabinete Figura 23
Artículo 17.9 RETIE	La instalación del tablero debe tener en cuenta el código de colores establecido en el presente reglamento e identificar cada uno de los circuitos.	NO CUMPLE	No se cumple el código de colores y los circuitos no están identificados.

Tabla 18 Enceramientos.

Artículo	Ítem	Diagnostico	Observaciones
Artículo 17.9 RETIE	El tablero de distribución (gabinete o panel de empotrar o sobreponer), accesible solo desde el frente; debe construirse en lámina de acero de espesor mínimo 0,9 mm para tableros hasta de 12 circuitos y en lámina de acero de espesor mínimo 1,2 mm para tableros desde 13 hasta 42 circuitos.	NO CUMPLE	Figura 23
Artículo 17.9 RETIE	Los encerramientos de estos tableros deben resistir los efectos de la humedad y la corrosión.	CUMPLE	Figura 23.

Tabla 19 Tierra.

Artículo	Ítem	Diagnostico	Observaciones
Artículo 17.9 RETIE	Todas las partes externas del panel deben ser puestas sólidamente a tierra mediante conductores de protección y sus terminales se deben identificar con el símbolo de puesta a tierra.	NO CUMPLE	El tablero no está conectado a tierra. Figura 23
Artículo 17.9 RETIE	El tablero debe tener un barraje para conexión a tierra del alimentador, con suficientes terminales de salida para los circuitos derivados.	NO CUMPLE	A pesar que tiene barraje no cuenta con suficientes terminales para la conexión de todos los circuitos ramales.

Tabla 20 Combustibles adyacentes.

Artículo	Ítem	Diagnostico	Observaciones
Artículo 17.10 RETIE	En las salas y espacios donde haya instalado equipo eléctrico, verificar que las instalaciones estén libres de materiales combustibles, polvo y humo.	CUMPLE	Figura 23.

3.4 INTERRUPTORES MANUALES DE BAJA TENSIÓN

Tabla 21 Requisitos de Instalación.

Artículo	Ítem	Diagnostico	Observaciones
Artículo 17.7 RETIE	Los interruptores para control de aparatos deben especificar la corriente y tensión nominales del equipo.	CUMPLE	Figura 24
Artículo 17.7 RETIE	Los interruptores deben instalarse en serie con los conductores de fase.	CUMPLE	Ninguna

Figura 24 Interruptores. [6]



Tabla 22 Requisitos interruptores.

Artículo	Ítem	Diagnostico	Observaciones
Artículo 17.7 RETIE	No debe conectarse un interruptor de uso general en el conductor puesto a tierra.	CUMPLE	No hay interruptor conectado al conductor de tierra, como sea mencionado no existe conductor de puesta a tierra.
Artículo 17.7 RETIE	La caja metálica que alberga al interruptor debe conectarse sólidamente a tierra.	NO CUMPLE	Aunque el tablero distribución tiene barraje de tierra no hay ningún conductor conectado a él.

Figura 25 Tablero principal. [6]



Tabla 23 Requisitos de producto.

Artículo	Ítem	Diagnostico	Observaciones
Articulo 17.7 RETIE	Las posiciones de encendido y apagado deben estar claramente indicadas en el cuerpo del interruptor.	CUMPLE	Figura 24
Articulo 17.7 RETIE	Los interruptores deben estar diseñados en forma tal que al ser instalados y cableados en su uso normal, las partes energizadas no sean accesibles a las personas.	CUMPLE	Ninguna

3.5 TOMACORRIENTES

Tabla 24 Requisitos de instalación.

Artículo	Ítem	Diagnostico	Observaciones
Articulo 17.5 RETIE	Se deben instalar los tomacorrientes de tal forma que el terminal de neutro quede arriba en las instalaciones horizontales.	NO CUMPLE	Figura 26
Articulo 17.5 RETIE	En lugares clasificados como peligrosos se deben utilizar clavijas y tomacorrientes aprobados y certificados para uso en estos ambientes.	NO CUMPLE	No existen tomas GFCI en las zonas húmedas.

Figura 26 Tomacorriente inadecuado. [6]



Tabla 25 Requisitos de producto.

Artículo	Ítem	Diagnostico	Observaciones
Artículo 17.5 RETIE	Los tomacorrientes deben ser construidos con materiales que garanticen la permanencia de las características mecánicas, dieléctricas y térmicas, de modo que no exista la posibilidad de que como resultado del envejecimiento natural o del uso normal se altere su desempeño y se afecte la seguridad.	NO CUMPLE	Figura 27.
Artículo 17.5 RETIE	Los tomacorrientes deben suministrarse e instalarse con su respectiva placa, tapa o cubierta destinada a evitar el contacto directo con partes energizadas; estos materiales deben ser de alta resistencia al impacto.	NO CUMPLE	Figura 27.
Artículo 17.5 RETIE	En los tomacorrientes monofásicos el terminal plano más corto debe ser el de la fase.	NO CUMPLE	En muchos de los tomacorrientes instalados no se cumple.
Artículo 17.5 RETIE	Los tomacorrientes con protección de falla a tierra deben tener un sistema de monitoreo visual que indique la funcionalidad de la protección.	NO CUMPLE	No existen tomas GFCI.

Figura 27 Tomacorrientes en mal estado. [6]



4. INSPECCIÓN DE ILUMINACIÓN

El propósito de esta inspección es determinar si el sistema de iluminación de la institución educativa Pablo Emilio Cardona está cumpliendo con los requerimientos de los reglamentos del país como lo es el (RETILAP).

4.1 ILUMINACIÓN GENERAL

Para mediciones de precisión el área debe ser dividida en cuadrados con lados de aproximadamente un (1) metro y la iluminancia medida en el centro de cada cuadrado y a la altura del plano de trabajo. La iluminancia promedio del área total se puede obtener al promediar todas las mediciones.

Figura 28 Biblioteca. [6]



4.2 BOMBILLAS FLUORESCENTES

Los baños de las salas de profesores de la institución están iluminados con bombillas fluorescentes.

Figura 29 Baños con bombillas fluorescentes. [6]



4.3 TUBOS FLUORESCENTES

La mayoría de las áreas de la institución educativa están iluminadas con lámparas fluorescentes tipo T12.

4.3.1 Lámparas fluorescentes tipo T12.

Algunos salones modificados de la institución educativa PABLO EMILIO CARDONA todavía cuentan con las lámparas tipo T12 ya que los administrativos no tienen o poseen un buen conocimiento sobre las lámparas tipo T8 y sus beneficios.

Figura 30 Salón con lámparas T12. [6]



La mayoría de áreas de la institución como lo son salones, baños, biblioteca, entre otras utilizan para su iluminación lámparas fluorescentes tipo T12.

El Decreto 3450 del 12 de septiembre de 2008 dice que las fuentes de iluminación de baja eficacia, incluidas las lámparas fluorescentes, deben ser reemplazadas por fuentes de iluminación de mayor eficacia lumínica disponibles en el mercado.

a) **Eficacia luminosa**

En la aplicación del uso racional de energía (URE), las lámparas tipo tubo fluorescente T12 están siendo discontinuadas y reemplazadas por lámparas tipo tubo fluorescente T8 y T5 que cuentan con tecnologías más eficaces y usan menor cantidad de mercurio.

Sin embargo las lámparas T12 que todavía se utilicen no podrán tener eficacias inferiores a las mostradas en la

Tabla 26.

Tabla 26 Eficacia mínima de lámparas fluorescentes T12.

Tipo	Potencia (W)	Eficacia luminosa (lm/W)
T12 (38mm de diámetro)	14 a 20	55
	39 a 40	70

Las lámparas fluorescentes Tipo T12 con que cuenta la institución cumplen con los valores de eficacia mínima exigidos en la-Tabla 27 debido a que estas consumen una potencia de 39W y entregan 2730 lm, dando como resultado una eficacia luminosa de 70 lm/W, este valor es igual al mínimo exigido que es 70 lm/W.

b) Índice de Reproducción Cromática

El Índice de Reproducción Cromática (Ra) para las bombillas tubulares fluorescentes deberá cumplir como mínimo con los valores establecidos en la Tabla 27.

Tabla 27 Valores mínimos de Índice de Reproducción Cromática (CRI ó Ra).

Tipo de lámpara	Potencia nominal de la lámpara	Ra mínimo en%
Tubo doble contacto, longitud 1,2m	> a 35W	69
	<= a 35W	45
Tubo en U, longitud 0,6m	> a 35W	69
	<= a 35W	45
Tubo encendido instantáneo, longitud 2,4m	65W	69
	<= a 65W	45
Tubo de alta salida lumínica, longitud 2,4m	100W	69
	<= a 100W	45

Estas lámparas cuentan con un CRI de 79 así que cumplen con el Ra mínimo exigido en la tabla 41 que es de 69 para potencias mayores a 35W.

c) Vida útil

La vida útil de las lámparas fluorescentes T12 Slim line F48T12/D es de 9000hr incumpliendo con el mínimo de horas exigido por el RETILAP, el cual para bombillas o tubos fluorescentes no debe ser menor a 10.000 horas.

d) Marcación.

Sobre el bulbo de la bombilla deben aparecer marcadas, indelebles y perfectamente legibles, como mínimo las siguientes indicaciones: Marca registrada, logotipo o razón social del fabricante.

- ✓ Apariencia o Temperatura del color.
- ✓ Índice de Rendimiento del Color (IRC)
- ✓ Potencia nominal en vatios (W).
- ✓ Flujo luminoso (lm)

Figura 31-Marcación lámparas T12. [6]



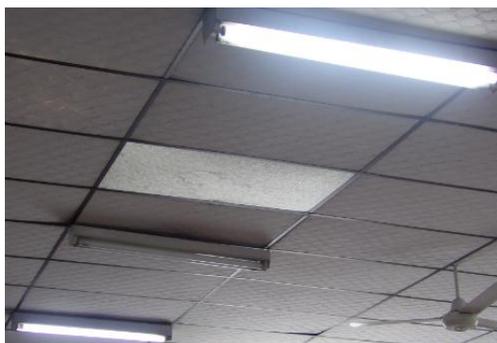
La marcación de estas lámparas cumple parcialmente con lo exigido ya que posee la marca registrada y la potencia nominal en vatios, posee el índice de Rendimiento del Color (IRC), pero no posee la temperatura del color, ni el flujo luminoso.

4.4 LUMINARIAS

4.4.1 Requisitos de producto

Se observó que algunas de las luminarias presentan un grado de deterioro por lo tanto presentan rebabas, puntos o bordes cortantes, que pueden causar algún tipo de daño a los conductores o personas que las manipulen, ya sea para su instalación o mantenimiento, Estas no cumplen por lo exigido por el RETILAP.

Figura 32 Luminaria salón. [6]



4.4.2 Requisitos eléctricos y mecánicos de las luminarias.

- a) El conjunto eléctrico de la luminaria tal como lo es el balasto y la bornera de conexiones esta acoplado en el interior del cuerpo de la luminaria tal como lo exige el RETILAP, además tiene un diseño sencillo el cual permite su fácil inspección, limpieza, mantenimiento y reemplazo de sus elementos.
- b) Las luminarias tienen espacio suficiente para albergar todas las partes del conjunto y realizar los empalmes y conexiones necesarias de la instalación.

Figura 33 Parte interna luminaria. [6]



- c) Las luminarias y lámparas instaladas no tienen partes energizadas expuestas normalmente al contacto, que puedan ser un riesgo para las personas.
- d) El RETILAP exige que las luminarias deben ir marcadas en forma directa sobre el cuerpo o en una placa metálica exterior de fácil visualización, en este caso esto no se cumple debido a que las luminarias no poseen ninguna marcación.

Figura 34 Luminaria de la sala de profesores. [6]



4.4.3 Requisitos de instalación.

- a) En la inspección se verificó que no existen luminarias tipo bala o embutidas que debido a su temperatura puedan llegar a generar un incendio, ya que las luminarias existentes en el plantel educativo son del tipo regleta o bombilla incandescente y estas se encuentran pegadas del cielorraso, en las vigas o pegadas en las paredes.
- b) Se observó que algunas de las cubiertas metálicas presentan unas señales de oxidación, debido a la falta de mantenimiento y a la baja calidad de los materiales de fabricación.

4.5 BALASTOS.

- a) El tipo de balastos con que cuentan las luminarias existentes en la institución cumplen con la norma, ya que estos son electrónicos y electromagnéticos tal como lo exige el RETILAP. [2]

Figura 35 Balastro electrónico. [6]



- b) Las luminarias fluorescentes instaladas cumplen con lo exigido en el RETILAP y el literal “a” de la parte “P” del Artículo 410-73 de la NTC 2050, el cual dice que las luminarias ubicadas en interiores deben tener balastos que cuenten con protección térmica integral.

Los balastos cuentan con un rotulado legible y un diagrama de conexiones tal como lo exige el RETILAP, esto se puede observar en la Figura 35

4.6 MANTENIMIENTO

- a) Las operaciones de reposición de lámparas que exige el RETILAP no se cumple en la institución, ya que muchas de las lámparas fluorescentes y bombillas incandescentes se encuentran dañadas.

Figura 36 Luminaria fluorescente dañada. [6]



En algunas áreas incluso hacen falta luminarias que fueron retiradas y no han sido remplazadas, haciendo deficiente el nivel de iluminación de estas.

Para garantizar los parámetros adecuados, y la eficiencia energética de la instalación, por lo tanto el RETILAP estipula que se debe elaborar un plan de mantenimiento en donde se tenga en cuenta la metodología y la periodicidad de la limpieza de las luminarias y de la zona iluminada.

5. RESULTADOS

En la Tabla 28 se encuentran las diferentes áreas de la institución con sus respectivos niveles de iluminancia promedio, esta se elaboró teniendo en cuenta las mediciones de iluminación realizadas a cada una de estas áreas.

Tabla 28 Niveles de iluminancia promedio medida

Aula	Nivel promedio de iluminancia (lx)	Ancho (m)	Largo (m)	Cantidad de luminaria	Tipo de Luminarias	Luminarias Malas
BIBLIOTECA	244	5,8	15,4	8	T12	0
SALA DE INCLUSION	311	7,5	5,8	5	T12	0
AUDITORIO	153	12	18,7	8	T12	0
EMISORA	233	3	2	1	T12	0
SALA DE TIFLOGRAFIA	176	3	4	1	T12	0
SALA DE DEPORTES	132	3	6	1	T12	0
SALA DE FOLCLOR	196	3	3	1	T12	0
CORREEDOR	0,04	2	15,4	0	0	0
BAÑO HOMBRE	95	3,1	7,3	1	T12	0
SALA DE SISTEMAS	250	5,8	15,4	8	T12	0
BAÑO MUJERES	92	3	7,3	1	T12	0
BAÑO DEL AUDITORIO	203	3	3,7	1	T12	0
COMEDOR CAFETERIA	224	17,5	2,6	1	T12	0
CAFETERIA	258	5,8	2	2	T12	0
PASILLOS	52	Área Irregular		17	T12	0
COCINA	78	7,2	4,7	3	T12	2
SALON DE ARTES	97	7	15,5	6	T12	0
BAÑO MUJERE 2	106	3,6	5,8	1	T12	0
BAÑO HOMBRE 2	107	3,6	5,8	1	T12	0
SALA AUDIOVISUAL	101	14,6	3,9	2	T12	0
SALA DE MATERIALES	147	4,8	3,1	1	T12	0
SALA DE MATERIALES 2	148	4,8	3,1	1	T12	0
COORDINACION ACADEMICA	121	4,6	4,5	1	T12	0
COORDINACION DISCIPLINARIA	119	4,6	4,6	1	T12	0
SECRETARIA Y TESORERIA	153	5,2	4,3	2	T12	0
RECTORIA	220	4,2	5,3	2	T12	0
LABORATORIO	100	10,7	4,7	3	T12	1
SALA DE PROFESORES	220	9,9	8,9	8	T12	1
BAÑO DE PROFESORES PASILLO	286	1,2	2	1	T12	0
BAÑO DE RECTORIA	286	1,2	2	1	T12	0
BAÑO LABORATORIO	257	1,2	2,2	1	T12	1
BAÑO SALA DE PROFESORES	263	1,2	2,2	1	T12	0
AULA No.1	249	8	6,7	4	T12	0
AULA No.2	309	8	5,9	5	T12	1
AULA No.3	234	8	6,1	4	T12	1
AULA No.4	261	7,6	7,6	5	T12	1

AULA No.5	163	7	7,6	3	T12	2
AULA No.6	271	7	7,5	5	T12	1
AULA No.7	264	7,6	7,4	5	T12	2
AULA No.8	161	8,2	8,7	4	T12	0
AULA No.9	161	8,2	9,2	4	T12	0
AULA No.10	253	5,3	7,3	4	T12	0
AULA No.11	260	7,6	7,5	5	T12	1
AULA No.12	266	7,4	7,5	5	T12	0
AULA No.13	244	7,4	8,5	5	T12	2
AULA No.14	251	7	8,5	5	T12	0
AULA No.15	288	7,5	6,6	5	T12	0
AULA No.16	303	7,5	6,5	5	T12	0
AULA No.17	355	7,5	5	4	T12	0

Nota1: En esta área no se midió el nivel de iluminancia ya que no había bombillas.

Nota2: No se midió el nivel de iluminación del Escenario.

Para ver los datos obtenidos en las mediciones y la descripción de cada área, referirse al ANEXO A, el cual contiene los formatos de iluminancia general e inspección general del área.

Figura 37 Grafica resultados de iluminancia promedio

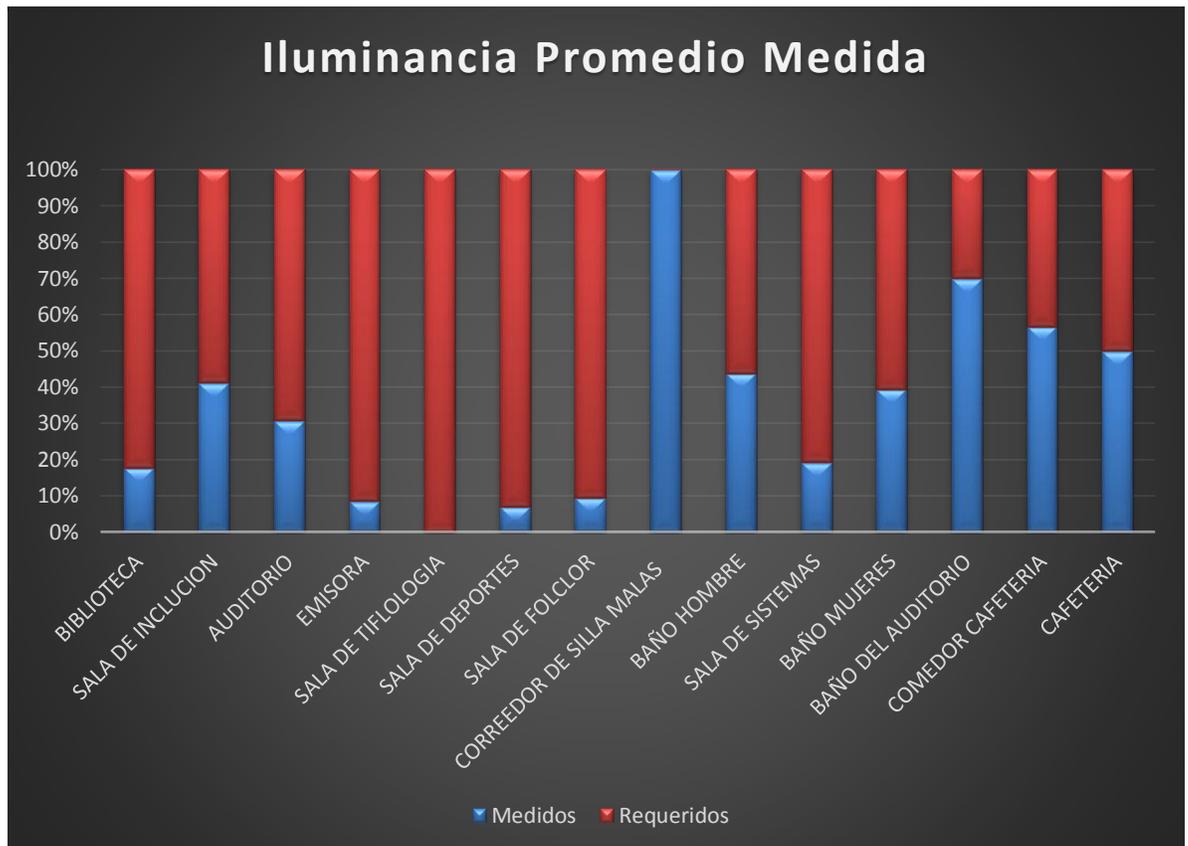


Figura 38 Grafica resultados de iluminancia promedio

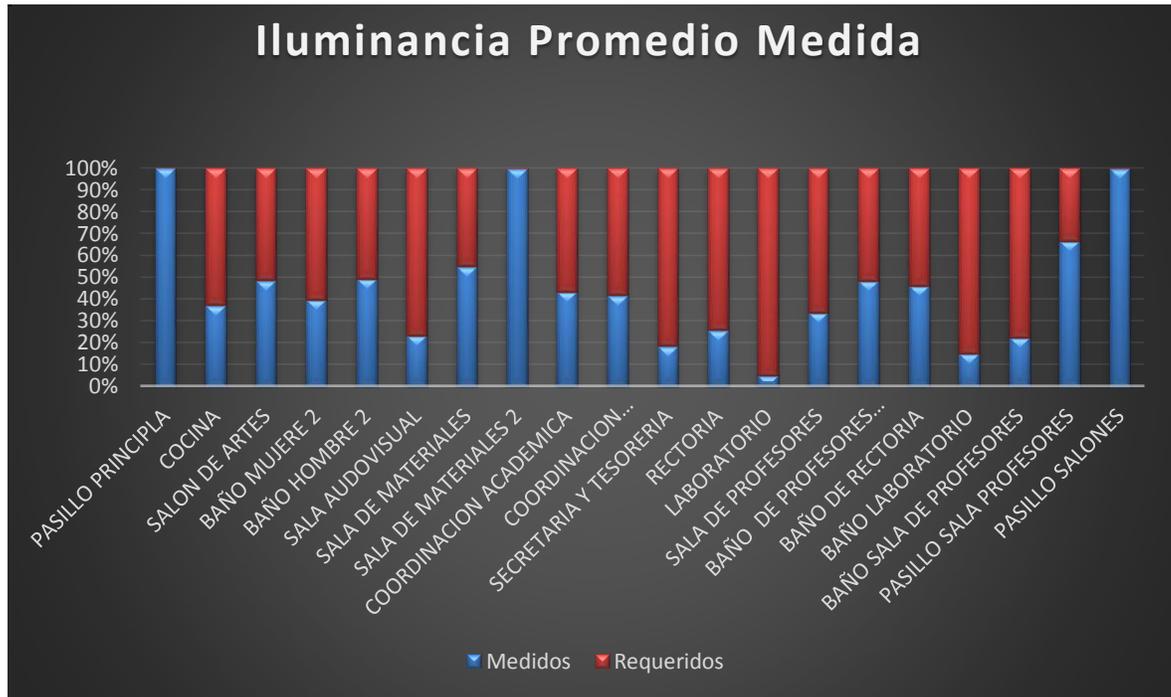
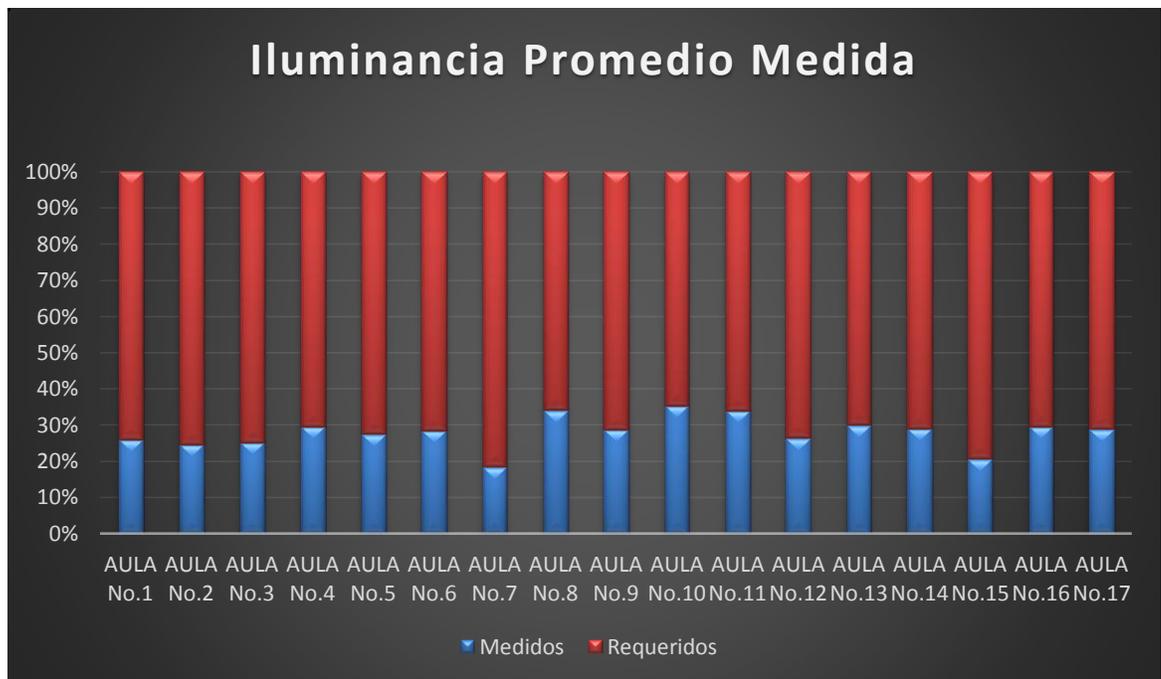


Figura 39 Grafica resultados de iluminancia promedio



En las Figura 37, Figura 38 y Figura 39 el color azul de las columnas representa los niveles de iluminancia promedio medidos en cada área y el rojo la iluminancia media requerida en cada área para la actividad a desarrollar según el RETILAP, como se aprecia en las Figura 37, Figura 38 y Figura 39 la mayoría de estas áreas no alcanza los niveles de iluminancia media requerida, que en este caso son 500 luxes y 150 luxes.

Tabla 29 Comparación niveles de iluminación.

Aula	Niveles de iluminancia promedio (luxes)				
	Medidas mañana	Medidas tarde	Medidas noche	Estado actual (simulado)	Requeridos
BIBLIOTECA	131,68	108,68	62,71	244	500
SALA DE INCLUCION	434,25	317,43	274,06	311	500
AUDITORIO	288,25	252,34	148,59	153	500
EMISORA	71,75	51,5	25	233	500
SALA DE TIFLOLOGIA	135,34	110,33	78,33	176	500
SALA DE DEPORTES	45,93	45,12	22,62	132	500
SALA DE FOLCLOR	66,5	56,75	38,75	196	500
CORREEDOR	392,25	64	0	0,04	100
BAÑO HOMBRE	512,25	350,75	167	95	150
SALA DE SISTEMAS	141,53	131,28	87,56	250	500
BAÑO MUJERES	590,75	399,5	180	92	150
BAÑO DEL AUDITORIO	628	257	262,75	203	150
COMEDOR CAFETERIA	384,25	289,5	164	224	200
CAFETERIA	235,93	209,68	161,43	258	200
PASILLO PRINCIPLA	842,21	408	164,56	52	100
COCINA	377,25	335,16	209,33	78	500
SALON DE ARTES	840,5	508,09	224,62	97	500
BAÑO MUJERE 2	859,44	399,44	240,99	106	150
BAÑO HOMBRE 2	1003,5	275	112,5	107	150
SALA AUDOVISUAL	392,25	149,62	64	101	500
SALA DE MATERIALES	343,25	198	71,5	147	150
SALA DE MATERIALES 2	320,13	209,44	89,33	148	150
COORDINACION ACADEMICA	591,68	467,37	193,25	121	500
COORDINACION DISCIPLINARIA	563,12	400,75	203,56	119	500
SECRETARIA Y TESORERIA	131,75	119,5	89,18	153	500
RECTORIA	188,18	185,56	148	220	500
LABORATORIO	356,55	289,44	189,34	100	500
SALA DE PROFESORES	369,5	295,21	146,56	220	500
BAÑO DE PROFESORES PASILLO	168	150,75	108	286	150
BAÑO DE RECTORIA	148,25	139,75	98	286	150
BAÑO LABORATORIO	64	35,25	0	257	150
BAÑO SALA DE PROFESORES	61,25	46	28,75	263	150
PASILLO RECTORIA	645,81	440,71	208,43	164	100
PASILLO SALONES	1239,5	654,75	196,5	107	100

Aula	Niveles de iluminancia promedio (luxes)				
	Medidas mañana	Medidas tarde	Medidas noche	Estado actual (simulado)	Requeridos
AULA No.1	217,18	162,24	122,41	249	500
AULA No.2	221,3	186,31	118,22	309	500
AULA No.3	256,24	156,71	118,22	234	500
AULA No.4	321,07	229,39	128,46	261	500
AULA No.5	303,87	209,25	95,17	163	500
AULA No.6	479,58	214,7	167	271	500
AULA No.7	149,42	129,82	110,86	264	500
AULA No.8	382,07	330,65	182,17	161	500
AULA No.9	302,46	252,66	181,45	161	500
AULA No.10	461,3	327,64	81,17	253	500
AULA No.11	430,34	348,42	108,86	260	500
AULA No.12	284,04	265,05	66,45	266	500
AULA No.13	303,87	284,04	127,17	244	500
AULA No.14	256,24	276,07	119,25	251	500
AULA No.15	141,87	134,37	102,83	288	500
AULA No.16	302,46	302,46	119,25	303	500
AULA No.17	284,04	302,46	119,25	355	500

Nota1: En esta área no se midió el nivel de iluminancia ya que no había bombillas o estaban malas.

Nota2: No se midió el nivel de iluminación del Escenario.

La diferencia que existe entre los niveles de iluminancia promedio medidos y los simulados radica en varios factores, uno de ellos es la depreciación lumínica que tienen las lámparas existentes causado por el desgaste natural, ya que tienen cerca de 10 años de uso, otro se debe a la depreciación lumínica producida por la suciedad acumulada en lámparas y luminarias, todo esto hace que los valores de iluminancia promedio medidos sean más bajos que los simulados.

En la Tabla 30 se encuentran las diferentes áreas de la institución con sus respectivos datos de VEEI (valor de eficiencia energética). Esta se elaboró teniendo en cuenta los resultados calculados de cada área, los obtenidos mediante la simulación y los valores establecidos por el RETILAP.

Tabla 30 Comparación de valores de eficiencia energética (VEEI).

Aula	VEEI (W/m ² /100lx)				
	Calculo mañana	Calculo tarde	Calculo noche	Simulado	Requerido
BIBLIOTECA	2,65	3,21	5,57	2.60	6
SALA DE INCLUSION	1,03	1,41	1,63	2.74	4
AUDITORIO	0,48	0,55	0,93	3.54	10
EMISORA	9,05	12,62	26	2.63	4
SALA DE TIFLOLOGIA	2,4	2,94	4,14	2.33	4
SALA DE DEPORTES	4,71	4,8	9,57	2.49	4
SALA DE FOLCLOR	6,51	7,63	11,18	2.89	4

Aula	VEEI (W/m ² /100lx)				Requerido
	Calculo mañana	Calculo tarde	Calculo noche	Simulado	
CORREEDOR	NOTA 1				4,5
BAÑO HOMBRE	0,33	0,49	2,09	3.33	4,5
SALA DE SISTEMAS	2,46	2,66	5,11	5.06	4
BAÑO MUJERES	0,3	0,44	0,77	3.50	4,5
BAÑO DEL AUDITORIO	0,55	1,36	2,47	3.39	4,5
COMEDOR CAFETERIA	0,22	0,29	1,98	2.39	4,5
CAFETERIA	2,85	3,2	1,34	2.56	5
PASILLO PRINCIPLA	0	0	2,63	2.33	4,5
COCINA	0,91	1,03	0	2.29	5
SALON DE ARTES	0,25	0,42	0,76	3.85	4
BAÑO MUJERE 2	0,21	0,46	1,44	3.17	4,5
BAÑO HOMBRE 2	0,18	0,67	1,58	3.20	4,5
SALA AUDIOVISUAL	0,34	0,91	5,48	2.54	4
SALA DE MATERIALES	0,76	1,32	1,19	3.11	4
SALA DE MATERIALES 2	0,81	1,25	7,52	3.22	4
COORDINACION ACADEMICA	0,31	0,4	1,98	2.80	3,5
COORDINACION DISCIPLINARIA	0,32	0,45	1,69	2.77	3,5
SECRETARIA Y TESORERIA	2,64	2,91	2,41	4.20	3,5
RECTORIA	1,86	1,88	1,26	2.83	3,5
LABORATORIO	0,65	0,8	0,98	4.53	4
SALA DE PROFESORES	0,958	1,19	0,93	2.22	4
BAÑO DE PROFESORES PASILLO	9,67	10,77	2,42	11.9	4,5
BAÑO DE RECTORIA	10,96	11,62	2,67	9.76	4,5
BAÑO LABORATORIO	23,08	41,9	0	9.81	4,5
BAÑO SALA DE PROFESORES	24,11	32,11	6,41	9.79	4,5
PASILLO RECTORIA	0	0	0	2.54	4,5
PASILLO SALONES	0	0	0	2.49	4,5
AULA No.1	1,34	1,79	1,77	2.53	4
AULA No.2	1,86	2,21	3,66	2.38	4
AULA No.3	1,24	2,03	1,17	2.34	4
AULA No.4	1,05	1,47	5,49	2.40	4
AULA No.5	0,72	1,05	2,52	2.53	4
AULA No.6	0,77	1,72	2,27	2.50	4
AULA No.7	2,32	2,67	2,58	2.34	4
AULA No.8	0,57	0,66	0	2.48	4
AULA No.9	0,68	0,81	0,94	2.35	4
AULA No.10	0,87	1,23	1,92	2.88	4
AULA No.11	0,79	0,98	2,19	2.40	4
AULA No.12	1,23	1,32	3,22	2.41	4
AULA No.13	1,02	1,09	1,28	2.39	4
AULA No.14	1,27	1,18	5,28	2.34	4
AULA No.15	2,77	2,93	0	2.49	4
AULA No.16	1,32	1,322	3,36	2.38	4
AULA No.17	1,46	1,37	1,8	2.25	4

Nota1: En esta área no se midió el nivel de iluminancia ya que no había bombillas o estaban malas.

Nota2: No se midió el nivel de iluminación del escenario.

En la Tabla 31 se encuentran las diferentes áreas de la institución con sus respectivos niveles de UGR (Índice de Deslumbramiento Unificado). Esta se elaboró teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la simulación y los valores establecidos por el RETILAP. [2]

Tabla 31 Comparación del índice del UGR.

Aula	UGR	
	Simulados	Requeridos
BIBLIOTECA	22	19
SALA DE INCLUCION	30	19
AUDITORIO	25	22
EMISORA	22	19
SALA DE TIFLOGIA	23	19
SALA DE DEPORTES	20	28
SALA DE FOLCLOR	19	19
CORREEDOR	nota 2	28
BAÑO HOMBRE	nota 1	25
SALA DE SISTEMAS	25	19
BAÑO MUJERES	nota 1	25
BAÑO DEL AUDITORIO	nota 1	25
COMEDOR CAFETERIA	19	25
CAFETERIA	19	19
PASILLO PRINCIPLA	26	28
COCINA	17	25
SALON DE ARTES	19	19
BAÑO MUJERE 2	22	25
BAÑO HOMBRE 2	nota 1	25
SALA AUDOVISUAL	15	19
SALA DE MATERIALES	17	19
SALA DE MATERIALES 2	18	19
COORDINACION ACADEMICA	19	19
COORDINACION DISCIPLINARIA	22	19
SECRETARIA Y TESORERIA	17	19
RECTORIA	16	19
LABORATORIO	19	19
SALA DE PROFESORES	22	19
BAÑO DE PROFESORES PASILLO	nota 1	25
BAÑO DE RECTORIA	nota 1	25
BAÑO LABORATORIO	nota 1	25
BAÑO SALA DE PROFESORES	nota 1	25
PASILLO RECTORIA	30	28
PASILLO SALONES	17	28
AULA No.1	23	19
AULA No.2	24	19
AULA No.3	20	19

Aula	UGR	
	Simulados	Requeridos
AULA No.4	22	19
AULA No.5	24	19
AULA No.6	25	19
AULA No.7	30	19
AULA No.8	24	19
AULA No.9	20	19
AULA No.10	19	19
AULA No.11	26	19
AULA No.12	24	19
AULA No.13	23	19
AULA No.14	22	19
AULA No.15	24	19
AULA No.16	30	19
AULA No.17	19	19

Nota1: El UGR tiene un valor muy bajo

Nota2: En esta área no se midió el nivel de iluminancia ya que no había bombillas o estaban malas.

Nota3: No se midió el nivel de iluminación del Escenario.

En la ual del sistema de iluminación.

Tabla 32 se hace una descripción de cada una de las áreas con el estado actual del sistema de iluminación.

Tabla 32 Estado actual.

Área	Estado actual
Biblioteca	Cuenta con 8 luminarias 2 x 39 W T12, la cual se encuentran adosadas al techo, estas entregan bajos niveles de iluminancia debido al desgaste producido por el uso y a la falta de mantenimiento, haciendo que el nivel de iluminancia de este espacio sea demasiado bajo. Para ver simulación referirse al ANEXO B Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO B.1.
Sala de Inclusión	Cuenta con 5 luminarias 2 x 39 W T12, la cual se encuentran adosadas al techo, estas entrega bajos niveles de iluminancia debido al desgaste producido por el uso y a la falta de mantenimiento, haciendo que el nivel de iluminancia de este espacio sea demasiado bajo. Para ver simulación referirse al ANEXO A Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO A.1.
Auditorio	Cuenta con 8 luminarias 2 x 39 W T12, la cual se encuentran adosadas al techo, estas entregan bajos niveles de iluminancia debido al desgaste producido por el uso y a la falta de mantenimiento, haciendo que el nivel de iluminancia de este espacio sea demasiado bajo. Para ver simulación referirse al ANEXO A Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO A.1.
Emisora	Cuenta con 1 luminaria 2 x 39 W T12, la cual se encuentra adosada al techo, esta entrega bajos niveles de iluminancia debido al desgaste producido por el uso y a la falta de mantenimiento, haciendo que el nivel de iluminancia de este espacio sea demasiado bajo. Para ver simulación referirse al ANEXO A Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO A.1.

Área	Estado actual
Sala de Tiflogía	Cuenta con 1 luminaria 2 x 39 W T12, la cual se encuentra adosada al techo, esta entrega bajos niveles de iluminancia debido al desgaste producido por el uso y a la falta de mantenimiento, haciendo que el nivel de iluminancia de este espacio sea demasiado bajo Para ver simulación referirse al ANEXO A Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO A.1.
Sala de Deportes	Cuenta con 1 luminaria 2 x 39 W T12, la cual se encuentra adosada al techo, esta entrega bajos niveles de iluminancia debido al desgaste producido por el uso y a la falta de mantenimiento, haciendo que el nivel de iluminancia de este espacio sea demasiado bajo. Para ver simulación referirse al ANEXO A Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO A.1.
Sala de Folclor	Cuenta con 1 luminaria 2 x 39 W T12, la cual se encuentra adosada al techo, esta entrega bajos niveles de iluminancia debido al desgaste producido por el uso y a la falta de mantenimiento, haciendo que el nivel de iluminancia de este espacio sea demasiado bajo Para ver simulación referirse al ANEXO A Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO A.1.
Corredor	Cuenta con 0 luminaria, cuenta con plafón sin bombilla, por lo cual los niveles de iluminancia en este espacio son muy bajos, teniendo en cuenta que la iluminación solo se da por fuente natural. Para ver simulación referirse al ANEXO E Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO E.1.
Baño Hombre	Cuenta con 1 luminaria 2 x 39 W T12, entrega bajos niveles de iluminancia debido al desgaste producido por el uso y a la falta de mantenimiento, por lo tanto los niveles de iluminancia no alcanzan los valores promedio recomendados, ni los mínimos exigidos por el RETILAP. Para ver simulación referirse al ANEXO E Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO E.1.
Sala de Sistemas	Cuenta con 8 luminarias 2 x 39 W T12, de las cuales 5 funcionan, las lámparas entregan bajos niveles de iluminancia debido al desgaste producido por el uso y a la falta de mantenimiento, por lo tanto los niveles de iluminancia de esta aula no alcanzan los valores promedio recomendados, ni los mínimos exigidos por el RETILAP. Para ver simulación referirse al ANEXO E Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO E.1.
Baño Mujeres	Cuenta con 1 luminaria 2 x 39 W T12, entrega bajos niveles de iluminancia debido al desgaste producido por el uso y a la falta de mantenimiento, por lo tanto los niveles de iluminancia no alcanzan los valores promedio recomendados, ni los mínimos exigidos por el RETILAP. Para ver simulación referirse al ANEXO E Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO E.1.
Baño del Auditorio	Cuenta con 1 luminaria 2 x 39 W T12, la cual se encuentra adosada al techo, esta entrega bajos niveles de iluminancia debido al desgaste producido por el uso y a la falta de mantenimiento, haciendo que el nivel de iluminancia de este espacio sea demasiado bajo Para ver simulación referirse al ANEXO A Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO A.1.
Comedor Cafetería	Cuenta con 1 luminaria 2 x 39 W T12, la cual se encuentra adosada al techo, esta entrega bajos niveles de iluminancia debido al desgaste producido por el uso y a la falta de mantenimiento, haciendo que el nivel de iluminancia de este espacio sea demasiado bajo

Área	Estado actual
	<p>Para ver simulación referirse al ANEXO E Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO E.1.</p>
Cafetería	<p>Cuenta con 2 luminarias 2 x 39 W T12, la cual se encuentran adosadas al techo, estas entregan bajos niveles de iluminancia debido al desgaste producido por el uso y a la falta de mantenimiento, haciendo que el nivel de iluminancia de este espacio sea demasiado bajo. Para ver simulación referirse al ANEXO E Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO E.1.</p>
Pasillos	<p>Cuenta con 17 luminarias 2 x 39 W T12, la cual se encuentran adosadas al techo, estas entregan bajos niveles de iluminancia debido al desgaste producido por el uso y a la falta de mantenimiento, haciendo que el nivel de iluminancia de este espacio sea demasiado bajo. Para ver simulación referirse al ANEXO F Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO F.1.</p>
Cocina	<p>Cuenta con 3 luminarias 2 x 39 W T12, de las cuales 1 funciona, las lámparas entregan bajos niveles de iluminancia debido al desgaste producido por el uso y a la falta de mantenimiento, por lo tanto los niveles de iluminancia de esta aula no alcanzan los valores promedio recomendados, ni los mínimos exigidos por el RETILAP. Para ver simulación referirse al ANEXO D Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO D.1.</p>
Salón de Artes	<p>Cuenta con 6 luminarias 2 x 39 W T12, de las cuales 4 funcionan, las lámparas que funcionan entregan muy bajos niveles de iluminancia debido al desgaste natural y a la falta de mantenimiento, por lo cual este salón no cumple con los niveles mínimos de iluminancia exigidos por el RETILAP. Para ver simulación referirse al ANEXO D Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO D.1.</p>
Baño Mujeres 2	<p>Cuenta con 1 luminaria 2 x 39 W T12, la cual se encuentra adosada al techo, esta entrega bajos niveles de iluminancia debido al desgaste producido por el uso y a la falta de mantenimiento, haciendo que el nivel de iluminancia de este espacio sea demasiado bajo. Para ver simulación referirse al ANEXO C Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO C.1.</p>
Baño Hombres 2	<p>Cuenta con 1 luminaria 2 x 39 W T12, la cual se encuentra adosada al techo, esta entrega bajos niveles de iluminancia debido al desgaste producido por el uso y a la falta de mantenimiento, haciendo que el nivel de iluminancia de este espacio sea demasiado bajo. Para ver simulación referirse al ANEXO C Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO C.1.</p>
Sala Audiovisual	<p>Cuenta con 2 luminarias 2 x 39 W T12, la cual se encuentran adosadas al techo, estas entregan bajos niveles de iluminancia debido al desgaste producido por el uso y a la falta de mantenimiento, haciendo que el nivel de iluminancia de este espacio sea demasiado bajo. Para ver simulación referirse al ANEXO G Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO G.1.</p>
Sala de Materiales 1	<p>Cuenta con 1 luminarias 2 x 39 W T12, la cual se encuentra adosada al techo, esta entrega bajos niveles de iluminancia debido al desgaste producido por el uso y a la falta de mantenimiento, haciendo que el nivel de iluminancia de este espacio sea demasiado bajo. Para ver simulación referirse al ANEXO C Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO C.1.</p>

Área	Estado actual
Sala de Materiales 2	Cuenta con 1 luminaria 2 x 39 W T12, la cual se encuentra adosada al techo, esta entrega bajos niveles de iluminancia debido al desgaste producido por el uso y a la falta de mantenimiento, haciendo que el nivel de iluminancia de este espacio sea demasiado bajo. .Para ver simulación referirse al ANEXO C Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO C.1.
Coordinación Académica	Cuenta con 1 luminaria 2 x 39 W T12, la cual se encuentra adosada al techo, esta entrega bajos niveles de iluminancia debido al desgaste producido por el uso y a la falta de mantenimiento, haciendo que el nivel de iluminancia de este espacio sea demasiado bajo. Para ver simulación referirse al ANEXO C Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO C.1.
Coordinación Disciplinaria	Cuenta con 1 luminaria 2 x 39 W T12, la cual se encuentra adosada al techo, esta entrega bajos niveles de iluminancia debido al desgaste producido por el uso y a la falta de mantenimiento, haciendo que el nivel de iluminancia de este espacio sea demasiado bajo. Para ver simulación referirse al ANEXO C Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO C.1.
Secretaría y Tesorería	Cuenta con 2 luminarias 2 x 39 W T12, la cual se encuentran adosadas al techo, estas entregan bajos niveles de iluminancia debido al desgaste producido por el uso y a la falta de mantenimiento, haciendo que el nivel de iluminancia de este espacio sea demasiado bajo. Para ver simulación referirse al ANEXO C Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO C.1.
Rectoría	Cuenta con 2 luminarias 2 x 39 W T12, la cual se encuentran adosadas al techo, estas entregan bajos niveles de iluminancia debido al desgaste producido por el uso y a la falta de mantenimiento, haciendo que el nivel de iluminancia de este espacio sea demasiado bajo. Para ver simulación referirse al ANEXO C Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO C.1.
Laboratorio	Cuenta con 3 luminaria 2 x 39 W T12, la cual se encuentran adosadas al techo, estas entregan bajos niveles de iluminancia debido al desgaste producido por el uso y a la falta de mantenimiento, haciendo que el nivel de iluminancia de este espacio sea demasiado bajo. Para ver simulación referirse al ANEXO C Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO C.1.
Sala de Profesores	Cuenta con 8 luminarias 2 x 39 W T12, de las cuales 4 funcionan, las lámparas que funcionan entregan bajos niveles de iluminancia debido al desgaste producido por el uso y a la falta de mantenimiento, por lo tanto los niveles de iluminancia de esta aula no alcanzan los valores promedio recomendados, ni los mínimos exigidos por el RETILAP. Para ver simulación referirse al ANEXO C Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO C.1.
Baño de Profesores Pasillo	Cuenta con 1 luminaria 2 x 39 W T12, la cual se encuentra adosada al techo, esta entrega bajos niveles de iluminancia debido al desgaste producido por el uso y a la falta de mantenimiento, haciendo que el nivel de iluminancia de este espacio sea demasiado bajo. Para ver simulación referirse al ANEXO C Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO C.1.

Área	Estado actual
Baño de Rectoría	Cuenta con 1 luminaria 2 x 39 W T12, la cual se encuentra adosada al techo, esta entrega bajos niveles de iluminancia debido al desgaste producido por el uso y a la falta de mantenimiento, haciendo que el nivel de iluminancia de este espacio sea demasiado bajo. Para ver simulación referirse al ANEXO C Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO C.1.
Baño Laboratorio	Cuenta con 1 luminaria 2 x 39 W T12, la cual se encuentra adosada al techo, esta entrega bajos niveles de iluminancia debido al desgaste producido por el uso y a la falta de mantenimiento, haciendo que el nivel de iluminancia de este espacio sea demasiado bajo. Para ver simulación referirse al ANEXO C Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO C.1.
Baño Sala de Profesores	Cuenta con 1 luminaria 2 x 39 W T12, la cual se encuentra adosada al techo, esta entrega bajos niveles de iluminancia debido al desgaste producido por el uso y a la falta de mantenimiento, haciendo que el nivel de iluminancia de este espacio sea demasiado bajo. Para ver simulación referirse al ANEXO C Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO C.1.
Aula No.1	Cuenta con 4 luminarias 2 x 39 W T12, las lámparas entregan muy bajos niveles de iluminancia debido al desgaste natural y a la falta de mantenimiento, por lo cual este salón no cumple con los niveles mínimos de iluminancia exigidos por el RETILAP. Para ver simulación referirse al ANEXO A Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO A.1.
Aula No.2	Cuenta con 5 luminarias 2 x 39 W T12, de las cuales 4 funcionan, las luminarias que funcionan entregan muy bajos niveles de iluminancia debido al desgaste natural y a la falta de mantenimiento, por lo cual este salón no cumple con los niveles mínimos de iluminancia exigidos por el RETILAP. Para ver simulación referirse al ANEXO A Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO A.1.
Aula No.3	Cuenta con 4 luminarias 2 x 39 W T12, de las cuales 3 funcionan, la luminarias que funcionan entregan muy bajos niveles de iluminancia debido al desgaste natural y a la falta de mantenimiento, por lo cual este salón no cumple con los niveles mínimos de iluminancia exigidos por el RETILAP. Para ver simulación referirse al ANEXO A Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO A.1.
Aula No.4	Cuenta con 5 luminarias 2 x 39 W T12, de las cuales 4 funcionan, las luminarias que funcionan entregan muy bajos niveles de iluminancia debido al desgaste natural y a la falta de mantenimiento, por lo cual este salón no cumple con los niveles mínimos de iluminancia exigidos por el RETILAP. Para ver simulación referirse al ANEXO E Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO E.1.
Aula No.5	Cuenta con 3 luminarias 2 x 39 W T12, de las cuales 1 funciona, la lámpara que funciona entrega muy bajos niveles de iluminancia debido al desgaste natural y a la falta de mantenimiento, por lo cual este salón no cumple con los niveles mínimos de iluminancia exigidos por el RETILAP. Para ver simulación referirse al ANEXO E. Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO E.1.

Área	Estado actual
Aula No.6	Cuenta con 5 luminarias 2 x 39 W T12, de las cuales 4 funcionan, las lámparas que funcionan entregan muy bajos niveles de iluminancia debido al desgaste natural y a la falta de mantenimiento, por lo cual este salón no cumple con los niveles mínimos de iluminancia exigidos por el RETILAP. Para ver simulación referirse al ANEXO E Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO E.1.
Aula No.7	Cuenta con 5 luminarias 2 x 39 W T12, de las cuales 3 funcionan, las lámparas que funcionan entregan muy bajos niveles de iluminancia debido al desgaste natural y a la falta de mantenimiento, por lo cual este salón no cumple con los niveles mínimos de iluminancia exigidos por el RETILAP. Para ver simulación referirse al ANEXO E Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO E.1.
Aula No.8	Cuenta con 4 luminaria 2 x 39 W T12, la cual se encuentra adosadas al techo, estas entregan bajos niveles de iluminancia debido al desgaste producido por el uso y a la falta de mantenimiento, haciendo que el nivel de iluminancia de este espacio sea demasiado bajo. Para ver simulación referirse al ANEXO E Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO E.1.
Aula No.9	Cuenta con 4 luminarias 2 x 39 W T12, la cual se encuentran adosadas al techo, estas entregan bajos niveles de iluminancia debido al desgaste producido por el uso y a la falta de mantenimiento, haciendo que el nivel de iluminancia de este espacio sea demasiado bajo. Para ver simulación referirse al ANEXO E Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO E.1.
Aula No.10	Cuenta con 4 luminarias 2 x 39 W T12, la cual se encuentran adosadas al techo, estas entregan bajos niveles de iluminancia debido al desgaste producido por el uso y a la falta de mantenimiento, haciendo que el nivel de iluminancia de este espacio sea demasiado bajo. Para ver simulación referirse al ANEXO E. Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO E.1.
Aula No.11	Cuenta con 5 luminarias 2 x 39 W T12, de las cuales 4 funcionan, las lámparas que funcionan entregan muy bajos niveles de iluminancia debido al desgaste natural y a la falta de mantenimiento, por lo cual este salón no cumple con los niveles mínimos de iluminancia exigidos por el RETILAP. Para ver simulación referirse al ANEXO E Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO E.1.
Aula No.12	Cuenta con 5 luminarias 2 x 39 W T12, la cual se encuentran adosadas al techo, estas entregan bajos niveles de iluminancia debido al desgaste producido por el uso y a la falta de mantenimiento, haciendo que el nivel de iluminancia de este espacio sea demasiado bajo. Para ver simulación referirse al ANEXO D Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO D.1.
Aula No.13	Cuenta con 5 luminarias 2 x 39 W T12, de las cuales 3 funcionan, las lámparas que funcionan entregan muy bajos niveles de iluminancia debido al desgaste natural y a la falta de mantenimiento, por lo cual este salón no cumple con los niveles mínimos de iluminancia exigidos por el RETILAP. Para ver simulación referirse al ANEXO D Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO D.1.

Área	Estado actual
Aula No.14	<p>Cuenta con 5 luminarias 2 x 39 W T12, la cual se encuentran adosadas al techo, estas entregan bajos niveles de iluminancia debido al desgaste producido por el uso y a la falta de mantenimiento, haciendo que el nivel de iluminancia de este espacio sea demasiado bajo.</p> <p>Para ver simulación referirse al ANEXO C</p> <p>Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO C.1.</p>
Aula No.15	<p>Cuenta con 5 luminarias 2 x 39 W T12, la cual se encuentran adosadas al techo, estas entregan bajos niveles de iluminancia debido al desgaste producido por el uso y a la falta de mantenimiento, haciendo que el nivel de iluminancia de este espacio sea demasiado bajo.</p> <p>Para ver simulación referirse al ANEXO C.</p> <p>Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO C.1.</p>
Aula No.16	<p>Cuenta con 5 luminarias 2 x 39 W T12, la cual se encuentran adosadas al techo, estas entregan bajos niveles de iluminancia debido al desgaste producido por el uso y a la falta de mantenimiento, haciendo que el nivel de iluminancia de este espacio sea demasiado bajo.</p> <p>Para ver simulación referirse al ANEXO C</p> <p>Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO C.1.</p>
Aula No.17	<p>Cuenta con 4 luminarias 2 x 39 W T12, la cual se encuentran adosadas al techo, estas entregan bajos niveles de iluminancia debido al desgaste producido por el uso y a la falta de mantenimiento, haciendo que el nivel de iluminancia de este espacio sea demasiado bajo.</p> <p>Para ver simulación referirse al ANEXO C</p> <p>Para ver resultados luminotécnicos referirse al ANEXO C.1.</p>

CONCLUSIONES

- ✓ El 66,66% del diseño de la iluminación existente en la institución no cumple con los requerimientos mínimos exigidos por el RETILAP. Esto se puede observar en los bajos niveles de iluminación de sus diferentes áreas a causa del uso de lámparas de baja eficiencia, como lo son las bombillas incandescentes y las lámparas fluorescentes tipo T12 el otro 33,33% cumple con los requerimientos exigidos.
- ✓ El 26,4% de los espacios que no cumplen con lo requerido por el RETILAP están en un nivel crítico de iluminación debido a la mala distribución de las lámparas y a la falla de estas.
- ✓ El sistema eléctrico de la institución PABLO EMILIO CARDONA fue creado mucho antes de que empezara a regir el RETIE, debido a esto no cumple con algunos reglamentos, uno de ellos es que no cuenta con un sistema de puesta a tierra.
- ✓ La falta de un plan de mantenimiento ha hecho que la mayoría del sistema de iluminación tenga deficiencias por depreciación lumínica debido a la suciedad acumulada en luminarias y a las lámparas dañadas.
- ✓ Debido a que la institución no cuenta con un cuarto eléctrico el tablero de distribución se encuentra ubicado en un sitio inadecuado, este tablero tampoco tiene una señalización de riesgo eléctrico, siendo esto un riesgo potencial para las personas que lo manipulen.
- ✓ En algunos tramos la tubería se encuentra expuesta y deteriorada, dejando los conductores expuestos, debido a esto se pone en peligro la integridad de las personas que transiten por estas áreas.
- ✓ Algunos tomacorrientes se encuentran deteriorados y en algunos casos ya no existen, quedando solamente la caja con los conductores descubiertos y sin aislamiento.
- ✓ Gracias a la inspección realizada, la institución podrá contar con una base de datos en lo que se refiere a los sistemas de fuerza e iluminación con los cuales no contaba.
- ✓ El establecimiento educativo no contaba con plano digitalizado estructural el cual a raíz de la inspección se elaboró siendo así un soporte muy importante para futuros proyectos en la institución.

- ✓ El objetivo fundamental de la inspección eléctrica es velar por el bienestar de las personas que ocupan los diferentes establecimientos educativos más aun cuando más del 80% de ellos son menores de edad, lastimosamente debido a las condiciones y tiempo de construcción del establecimiento educativo el mismo puede llegar a ser de alto riesgo.

RECOMENDACIONES

- ✓ Se debe diseñar un cronograma de mantenimiento que permita determinar la periodicidad con que se debe realizar la limpieza de luminarias y lámparas, evitando de esta manera la depreciación lumínica causada por la suciedad acumulada en estas.
- ✓ Para mejorar el nivel de iluminación en ciertas áreas, es necesario reponer algunas luminarias que hacen falta y además reemplazar las luminarias que no funcionan.
- ✓ Se debe construir un cuarto eléctrico en el cual se instalen los elementos establecidos por el RETIE como lo son barrajes y/o protección entre otras.
- ✓ Se debe identificar cada uno de los circuitos en el tablero de distribución para facilitar el reconocimiento de estos.
- ✓ Se debe implementar un sistema de puesta a tierra que permita conducir las corrientes no deseadas directamente a tierra, para prevenir accidentes y futuros daños.
- ✓ Se deben reemplazar los tomacorrientes que se encuentren en mal estado, además de instalar tomacorrientes GFCI en las zonas húmedas.
- ✓ Se debe estudiar la posibilidad de elevar los tomacorrientes a más de 1 metro en las zonas concurridas por menores de 8 años. (aulas de grado cero y primero).

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ministerio de Minas y Energía, Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), BOGOTA: Diario Oficial, 2013.
- [2] Ministerio de Minas y Energía, Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público - RETILAP, Bogota: Diario Oficial, 2010..
- [3] Instituto colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC), CODIGO ELECTRICO COLOMBIANO (NTC2050), BOGOTA: Instituto colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC), 1998.
- [4] MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, «MINMINAS,» [En línea]. Available: www.minminas.gov.co/minminas/downloads/archivosSoporteForos/4201.pdf.
- [5] Javier García Fernández, Oriol Boix Aragonès con ISBN: 84-600-9647-5, «LUMINOTECNIA. ILUMINACIÓN DE INTERIORES Y EXTERIORES,» [En línea]. Available: <http://edison.upc.edu/curs/llum/informacion-proyecto.html>.
- [6] PROPIA, Artist, *FOTOGRAFIAS PROPIAS*. [Art]. UTP, 2015.
- [7] Yuridia Paola Velasco Vesga, «Reglamento Técnico para Exposición a iluminación y Brillo,» 18 ABRIL 2011. [En línea]. Available: <http://es.scribd.com/doc/53264466/RT-ILUMINACION#scribd>.

ANEXOS

ANEXO A. Formatos de iluminancia general e inspección general del área o puesto de trabajo para cada área.

ANEXO B. Simulaciones en DIALux del estado actual.

ANEXO C. Resultados luminotécnicos del estado actual.

ANEXO D. Planos.