

INSPECCIÓN ELÉCTRICA DEL TALLER DE ELECTRICIDAD Y EL TALLER DE
DIBUJO DEL INSTITUTO TECNICO SUPERIOR

MATEO CARDONA HENAO
DANIEL ARTURO RESTREPO MARTIN

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA
PEREIRA
2014

INSPECCIÓN ELÉCTRICA DEL TALLER DE ELECTRICIDAD Y EL TALLER DE
DIBUJO DEL INSTITUTO TECNICO SUPERIOR

MATEO CARDONA HENAO
DANIEL ARTURO RESTREPO MARTIN

Proyecto de grado para optar al título de
Tecnólogo Electricista

Director:
Santiago Gómez Estrada
Ingeniero Electricista
Docente Programa de Tecnología Eléctrica

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA
PEREIRA
2014

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

DEDICATORIA

Dedico esta meta alcanzada a mi familia por el apoyo incondicional que me han brindado, principalmente a mi madre por inculcarme desde muy joven el amor al estudio, por apoyarme y aconsejarme en cada momento difícil en esta etapa que estoy culminando.

Daniel Arturo Restrepo Martin

Va dedicado a mi familia por guiarme, guardarme y tolerarme durante este largo proceso, especial mente a mis padres que me han brindado más de lo necesario para llevar a cabo esta etapa de mi vida que esta por culminar.

Mateo Cardona Henao

AGRADECIMIENTOS

Al señor José Daniel Ocampo rector del instituto Técnico Superior por brindar todo el apoyo necesario para el desarrollo a plenitud de la inspección eléctrica.

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

A nuestros hogares por brindarnos la comodidad para cumplir con todas nuestras metas planeadas.

CONTENIDO

Pág.

GLOSARIO	13
RESUMEN.....	16
INTRODUCCIÓN	17
1. FUNDAMENTOS DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA	19
1.1 MATERIALES DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	19
1.2 CLASES DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS.....	19
2. INSPECCIÓN ELÉCTRICA	20
2.1 DEFINICIÓN	20
2.2 REQUISITOS GENERALES DE UNA INSPECCIÓN ELÉCTRICA	20
2.3 INSPECCIÓN VISUAL.....	20
2.3.1 Punto de empalme.....	21
2.3.2 Tableros de protección	22
2.3.3 Circuitos.....	22
2.4 REQUERIMIENTOS EN EL MONTAJE DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	22
2.4.1 Aberturas no utilizadas	23
2.4.2 Encerramientos bajo la superficie.....	23
2.4.3 Integridad de los equipos.....	23
2.4.4 Conexiones eléctricas.....	23
2.4.5 Rotulado	23
2.4.6 Código de colores para conductores.	23
2.5 REQUISITOS DE INSTALACIÓN	24
2.5.1 Clavijas y toma corrientes.....	24
2.5.2 Equipos de corte y seccionamiento	25
2.6 RIESGOS ELÉCTRICOS.....	25
2.6.1 Arco eléctrico.....	25
2.6.1.1 Medidas de protección.....	26
2.6.2 Ausencia de electricidad	26
2.6.2.1 Medidas de protección.....	26
2.6.3 Contacto directo con partes energizadas.....	27
2.6.3.1 Medidas de protección.....	27
2.6.4 Contacto indirecto	27
2.6.4.1 Medidas de protección.....	27
2.6.5 Daños causados a las personas por la electricidad.....	28

2.6.6	Daños causados por el paso de la corriente a través del cuerpo humano	28
2.6.6.1	Inmediatos	28
2.6.6.2	Secundarios	29
2.6.7	Daños causados por la presencia de campos electromagnéticos	29
2.6.7.1	Efectos directos	29
2.6.7.2	Efectos indirectos	29
2.6.8	Por otros causas	30
2.6.9	Daños de otros tipos	30
2.6.10	Principios físicos de protección	30
2.6.10.1	Dispositivos de protección	30
2.7	PROTECCIÓN DE PARTES ENERGIZADAS (DE 600 V NOMINALES O MENOS)	31
2.7.1	Partes energizadas protegidas contra contacto accidental	31
2.7.2	Prevención contra daños físicos	31
2.7.3	Señalización de seguridad	31
2.7.4	Contacto directo	32
2.7.4.1	Protección contra contactos directos	32
2.7.5	Contacto indirecto	32
2.7.5.1	Protección contra contactos directos	33
2.8	PUESTA A TIERRA	33
2.8.1	Componentes de un sistema de puesta a tierra	34
2.8.1.1	Conductor de puesta a tierra de los equipos	34
2.8.1.2	Conductor del electrodo de puesta a tierra	34
2.8.1.3	El electrodo de puesta a tierra	35
2.8.2	Objetivos de un sistema de puesta a tierra	36
2.9	ILUMINACIÓN	36
2.9.1	Iluminación eficiente	37
2.9.2	Requisitos generales del diseño de iluminación	37
2.9.3	Información previa en el diseño de iluminación	38
2.9.4	Diseño detallado	38
2.9.5	Requisitos generales de un sistema de iluminación	39
2.9.5.1	Reconocimiento del sitio y objetos a iluminar	39
2.9.5.2	Requerimientos de iluminación	39
2.9.5.3	Selección de fuentes luminosas y luminarias	39
2.9.5.4	Duración o vida útil de la fuente luminosa	40
2.9.6	Detalles de la iluminación en el alumbrado interior	40
2.9.6.1	Niveles de iluminación recomendados	40
2.9.6.2	Deslumbramiento	41
2.9.6.3	Elección de las luminarias y lámparas	41

2.9.6.4	Coeficiente de utilización	42
2.9.6.5	Coeficiente de conservación	42
2.9.7	Alumbrado en las áreas de trabajo a inspeccionar	42
2.9.7.1	Alumbrado de oficinas	42
2.9.7.2	Iluminación de aulas de clase	43
2.9.7.3	Iluminación de aulas de clase enfocadas en el dibujo y el uso de cómputo	43
2.9.8	Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación	44
3.	TÉCNICAS PARA LA MEDICIÓN DE ILUMINACIÓN	46
3.1	MEDICIÓN DE ILUMINANCIA GENERAL DE UNSALÓN	46
3.2	CONFIGURACIONES PARA LOS PUNTOS DE MEDICIÓN	46
3.2.1	Medición de iluminancia promedio, en áreas regulares con luminarias espaciadas simétricamente en dos o más filas	46
3.2.2	Áreas regulares luminaria simple con localización simétrica	48
3.2.3	Áreas regulares con luminarias individuales en una sola fila	48
3.2.4	Áreas regulares con luminarias de dos o más filas	49
3.2.5	Áreas regulares con fila continua de luminarias individuales	51
3.3	EQUIPOS DE MEDICIÓN Y SU UTILIZACIÓN	51
3.4	FORMATOS	53
3.4.1	Resultados de las mediciones	53
4.	INSPECCIÓN ELÉCTRICA	58
4.1	DETERMINACIÓN DE LA SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD EN EL PLANTEL	64
4.2	TOMACORRIENTE	66
4.2.1	Requisitos de la instalación.	66
4.2.2	Requisitos del producto.	66
4.3	CONDUCTORES EXPUESTOS, DISTANCIAS A LAS TUBERIAS.....	68
4.3.1	Requisitos de instalación	68
4.4	INTERRUPTORES MANUALES DE BAJA TENSION.....	68
4.4.1	Requisitos de instalación	68
4.4.2	Requisitos del producto	70
4.5	TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN	72
4.5.1	Instalación.....	72
4.5.2	Identificación del tablero	73
5.	INSPECCIÓN DE ILUMINACIÓN	76
5.1	BOMBILLAS INCANDESCENTES.....	76
5.2	LÁMPARAS TUBULARES FLUORESCENTES	76
5.2.1	Lámparas fluorescentes tipo T2.....	76
5.3	LUMINARIAS.....	78

5.3.1	Requisitos de instalación	78
5.3.2	Requisitos del producto	79
5.3.3	Requisitos eléctricos y mecánicos de las luminarias	79
5.4	BALASTOS.....	80
5.4.1	Requisitos del producto	80
5.4.2	Requisito de instalación.....	80
5.5	MANTENIMIENTO EN INSTALACIONES DE ILUMINACION INTERIOR	80
6.	RESULTADOS	83
6.1	TIEMPO DE USO DE LAS LUMINARIAS.....	83
6.2	NIVELES DE ILUMINANCIA PROMEDIO MEDIDOS.....	83
6.3	DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS LUGARES DE TRABAJO	85
6.3.1	Taller de electricidad.....	85
7.	DISEÑO DE ILUMINACIÓN DE LOS TALLERES DE DIBUJO Y ELECTRICIDAD	86
8.	CONCLUSIONES	91
9.	RECOMENDACIONES.....	92
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	93

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla1. Código de colores para conductores. Tomado y adoptado de la Tabla 13 del RETIE	24
Tabla2. Conductor del electrodo de puesta a tierra. Tomado y adoptado de la Tabla 250-94 de la NTC 2050.....	35
Tabla3. Índice URG máximo y niveles de iluminancia exigibles para diferentes áreas y actividades. Tomada y adoptada de la Tabla 410.1 del RETILAP	41
Tabla4. Valores límite de eficiencia energética de la instalación (VEEI). Tomada y adoptada de la Tabla 440.1 del RETILAP	45
Tabla 5. Formato 1 inspección general del área o puesto de trabajo. Tomado y adoptado de la Sección 490.2 del RETILAP	54
Tabla 6. Formato 2 medidas de iluminancia general. Tomado y adoptado de la Sección 490.2 del RETILAP	55
Tabla 7. Formato 3 medidas de iluminancia en los puestos de trabajo. Tomado y adoptado de la Sección 490.2 del RETILAP	56
Tabla 8. Formato 4 especificaciones de la instalación alumbrado. Tomado y adoptado de la Sección 490.2 del RETILAP	57
Tabla9. Valores mínimos de eficacia lumínica en tubos fluorescentes. Tomados y adoptados de la Tabla 310.3.1a del RETILAP	77
Tabla10.Características y resultados de las mediciones obtenidas en el primer piso.	83

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura1. Arco eléctrico	26
Figura2. Ausencia de electricidad	26
Figura3. Contacto directo.....	27
Figura4. Contacto indirecto.....	28
Figura5. Señalización de seguridad.....	32
Figura6. Conductor de puesta a tierra	33
Figura7. Electrodo de puesta a tierra.....	35
Figura8. Iluminación aulas de clase.....	43
Figura 9. Puntos de medición de iluminancia en la cuadrícula de un local con luminarias espaciadas simétricamente en dos o más filas	46
Figura 10. Puntos de medición de iluminancia de una luminaria en la cuadrícula de un local con una sola luminaria.....	48
Figura 11. Puntos de medición de iluminancia en la cuadrícula de un local con luminarias individuales en una sola fila.....	48
Figura 12. Puntos de medición de iluminancia en la cuadrícula de un local con dos o más filas de luminarias	49
Figura 13. Puntos de medición de iluminancia en la cuadrícula de un local con una fila continua de luminarias	51
Figura14. Diagramas unifilares de los talleres de iluminación y electricidad	58
Figura15. Diagramas unifilares de los talleres de iluminación y electricidad	59
Figura 16. Cuadros de carga talleres de dibujo y electricidad	60
Figura 17. Cuadros de carga talleres de dibujo y electricidad	61
Figura 18. Plano eléctrico salidas de iluminación de los talleres de electricidad y dibujo	62
Figura 19. Plano eléctrico salidas de fuerza de los talleres de electricidad y dibujo	63
Figura20. Señalización de seguridad.....	64
Figura21. Armario eléctrico Taller electricidad.....	64
Figura22. Armario eléctrico taller de electricidad	65
Figura23: Tablero principal Taller de dibujo.....	65
Figura24. Toma corriente mal instalado	66
Figura25: Toma corriente en mal estado.....	67
Figura26: Toma corriente con tapa deteriorada	67
Figura27. Conductor Expuesto	68
Figura28: Especificaciones de corriente y tensión en interruptores	69
Figura29. Posiciones de encendido y apagado del interruptor	70
Figura30. Interruptores debidamente aislados.....	71
Figura31. Interruptores en perfecto estado.....	71
Figura32. Posición en la pared del tablero.....	72

Figura33. Espacio insuficiente entre conductores.....	73
Figura 34 Diagrama unifilar mesas de electricidad sector izquierdo	75
Figura35. Taller de Dibujo	76
Figura36. Taller de Electricidad.....	77
Figura37. Marcación de la lámpara T12 Philips	78
Figura38. Lámpara tipo regleta	78
Figura39.Lámparas sin partes cortantes.....	79
Figura40.Luminaria sin partes energizadas expuestas al contacto.....	79
Figura41. Rotulado con sus parámetros	80
Figura42. Luminaria fuera de servicio	81
Figura43. Luminaria con tubo dañado	81
Figura44. Luminaria con ausencia de tubo	81
Figura45. Resultados de la iluminancia promedio Taller de Electricidad	84
Figura46. Resultados de iluminancia promedio Taller de dibujo	84
Figura 47. Vista periférica del taller de dibujo simulado en DIALux	86
Figura 48. Vista en planta taller de dibujo simulado de DIALux	87
Figura 49. Vista interior del taller de dibujo simulado en DIALux	88
Figura 50. Vista del salón de AutoCAD simulado en DIALux	88
Figura 51. Vista periférica del taller de Electricidad simulado en DIALux	89
Figura 52. Vista en planta taller de electricidad simulado en DIALux	89
Figura 53. Vista interior del taller de electricidad simulado en DIALux	90

GLOSARIO

ACOMETIDA INTERNA: Es el cableado que va desde la caja de breakers hasta las cargas. (1)

ALTURA DE MONTAJE: distancia vertical entre la superficie a iluminar y el centro óptico de la fuente de luz de la luminaria. (2)

ANÁLISIS DE RIESGOS: es un proceso continuo que comprende la identificación, evaluación y control de un peligro. (1)

BOMBILLA: dispositivo eléctrico que suministra el flujo luminoso por transformación de energía eléctrica. Puede ser incandescente si emite luz por calentamiento o luminiscente si hay pasó de corriente a través de un gas. (1)

CIRCUITO ELÉCTRICO: lazo cerrado formado por un conjunto de elementos, dispositivos y equipos eléctricos, alimentados por la misma fuente de energía y con las mismas protecciones contra sobre tensiones y sobre corrientes. (1)

CORRIENTE ELÉCTRICA: es el movimiento de cargas eléctricas entre dos puntos que no se haya al mismo potencial por tener uno de ellos un exceso de electrones respecto al otro. (1)

DEPRECIACIÓN LUMÍNICA: disminución gradual de emisión luminosa durante el transcurso de la vida útil de una fuente luminosa. (2)

DESLUMBRAMIENTO: sensación producida por la luminancia dentro del campo visual que es suficientemente mayor que la luminancia a la cual los ojos están adaptados y que es causa de molestias e incomodidad o pérdida de la capacidad visual y de la visibilidad. (2)

DIAGRAMA UNIFILAR: es el esquema o diagrama de una línea (unifilar) que da una idea general de toda la instalación eléctrica, desde la acometida hasta los circuitos ramales. (3)

EFICIENCIA DE UNA LUMINARIA: relación de flujo luminoso, en lúmenes, emitido por una luminaria y el emitido por la bombilla o bombillas usadas en su interior. (2)

EMPALME: conexión eléctrica destinada a unir dos partes de conductores, para garantizar continuidad eléctrica y mecánica. (1)

FLUJO LUMINOSO (Φ): cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en todas las direcciones por unidad de tiempo .Su unidad es el lumen (lm). (2)

ILUMINANCIA (E): densidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie. La unidad de iluminancia es el lux (lx). (2)

ILUMINACIÓN: Acción o efecto de iluminar.). (2)

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)

INSTALACIÓN ELÉCTRICA: conjunto de aparatos eléctricos y de circuitos asociados, previstos para un fin particular: generación, transmisión, transformación, rectificación, conversión, distribución o utilización de la energía eléctrica. (1)

LÁMPARA: utensilio que permite que los dispositivos generadores de luz (conocidos también como bombillas, focos, etc.), se conecten a la red eléctrica. (1)

LUMINANCIA: es el flujo reflejado por los cuerpos, o el flujo emitido si un objeto se considera fuente de luz. También llamado brillo fotométrico. Su unidad es la candela por metro cuadrado. (1)

LUMINARIA: componente mecánico y óptico de un sistema de alumbrado que proyecta, filtra y distribuye los rayos luminosos, además de alojar y proteger los elementos requeridos para la iluminación. (1)

LUX: el lux (símbolo: lx) es la unidad derivada del Sistema Internacional de Medidas para la iluminancia o nivel de iluminación. Equivale a un lumen/m². (4)

NORMA TÉCNICA: documento aprobado por una institución reconocida, que prevé, para un uso común y repetido, reglas, directrices o características para los productos o los procesos y métodos de producción conexos. (1)

PLANO DE TRABAJO: es la superficie horizontal, vertical u oblicua, en la cual el trabajo es usualmente realizado, y cuyos niveles de iluminación deben ser especificados y medidos. (2)

REGLAMENTO TÉCNICO: documento en el que se establecen las características de un producto, servicio o los procesos y métodos de producción, con inclusión de las disposiciones administrativas aplicables y cuya observancia es obligatoria. (1)

RETIE: acrónimo del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas adoptado por Colombia. (1)

RETILAP: acrónimo del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público. (2)

SISTEMA DE ILUMINACIÓN: Componentes de la instalación de iluminación y sus interrelaciones para su operación y funcionamiento. (2)

SISTEMA DE PUESTA A TIERRA: 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. (1)

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)

TABLERO DE DISTRIBUCIÓN: son tableros que contienen dispositivos de protección y maniobra que permiten proteger y operar directamente los circuitos en que está dividida la instalación o una parte de ella. (5)

TOMAS GFCI: dispositivo para monitorear la cantidad de corriente que fluye de la línea al neutro, y si existe una diferencia, como en el caso en el que la corriente fluya a tierra pasando por una persona, el dispositivo abre el circuito, cortando el flujo de corriente. (1)

VIDA ÚTIL (DE UNA FUENTE LUMINOSA): período de servicio efectivo de una fuente que trabaja bajo condiciones y ciclos de trabajo nominales hasta que su flujo luminoso sea el 70% del flujo luminoso total. (2)

RESUMEN

El presente trabajo de grado, tiene como propósito identificar las falencias en el diseño actual de la institución teniendo en cuenta los requisitos que deben de cumplir según las normas establecidas en el RETIE, NTC2050 y RETILAP.

En el Instituto Técnico Superior se llevaron a cabo actividades como:

- Identificación de circuitos ramales.
- Elaboración de diagramas unifilares y planos eléctricos
- Ubicación de salidas y elaboración de cuadro de cargas.
- Simulación del sistema de iluminación
- Medición de los sistemas de iluminación
- Identificación de las áreas más problemáticas y determinación de señalizaciones.

INTRODUCCIÓN

La realización de este proyecto nace a raíz de la expedición del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE y el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP por parte del Ministerio de Minas y Energía, se hace obligatoria la inspección de toda instalación eléctrica y lumínica para verificar que estas instalaciones cumplen debidamente con lo escrito en dichos reglamentos. Se realizara la inspección para saber cuáles son las fallas del sistema de iluminación y de las salidas de fuerza, para garantizar los diversos aspectos que se deben tener en cuenta para tener una buena distribución en cuanto a la iluminación y las salidas de fuerza, como la seguridad en el abastecimiento energético, y la protección del consumidor.

Los talleres de Electricidad y Dibujo del Instituto Técnico Superior no tiene inmunidad ante los riesgos eléctricos por ello se hace necesario realizar una inspección en las instalaciones eléctricas de los talleres de electricidad y dibujo, a causa de que a diario los talleres son utilizados por una gran cantidad de estudiantes y profesores, los cuales pueden resultar afectados por cualquier falla de tipo eléctrica ya que en la mayoría de los casos las redes eléctricas no son fiables y no garantizan seguridad para las personas, el medio ambiente, equipos eléctricos.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Realizar la inspección a la instalación eléctrica de los talleres de dibujo y electricidad del Instituto Técnico Superior de Pereira con base en los Reglamentos Técnicos de Instalaciones Eléctricas RETIE y Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los circuitos ramales de los talleres de electricidad y dibujo del Instituto Técnico Superior.
- Realizar el levantamiento del plano eléctrico de los talleres de electricidad y dibujo del Instituto Técnico Superior mediante el software de diseño AUTOCAD.
- Analizar el estado de las instalaciones eléctricas y a partir del análisis determinar si cumplen con los requisitos estipulados en el RETIE.
- Determinar el estado del sistema de iluminación (localización, alimentación, uso) y a partir de esto verificar si cumple con lo requerido en el RETILAP.

1. FUNDAMENTOS DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Es el conjunto de equipos y materiales que permiten distribuir la energía eléctrica partiendo desde el punto de conexión de la compañía de suministro hasta cada uno de los equipos conectados de una manera eficiente y segura, garantizando al usuario flexibilidad, comodidad y economía en la instalación. (6)

1.1 MATERIALES DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

- Conductores
- Tableros
- Cajas de paso
- Empalme o derivación
- Canalizaciones
- Dispositivos de protección
- Salidas de iluminación y fuerza. (6)

1.2 CLASES DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Una instalación eléctrica es un conjunto de elementos que facilitan el uso adecuado y seguro de la energía eléctrica. Las instalaciones eléctricas se clasifican en los siguientes grupos:

- Instalaciones residenciales: son aquellas instalaciones en las cuales la energía eléctrica es utilizada en viviendas unifamiliares o multifamiliares.
- Instalaciones comerciales: son aquellas instalaciones en las cuales la energía eléctrica es utilizada en oficinas y locales de venta de bienes y servicios.
- Instalaciones industriales: son aquellas instalaciones en las cuales la energía eléctrica es utilizada en procesos de manufactura y conservación de alimentos o materiales.
- Instalaciones especiales: son aquellas instalaciones en las cuales el uso de la energía eléctrica o la destinación del local donde se encuentran las instalaciones y los equipos eléctricos, implican riesgos adicionales para las personas o los equipos que la utilizan.
- Instalaciones provisionales: se entenderá como instalación provisional aquella que se hace para suministrar el servicio de energía a un proyecto en construcción, o que tendrá una utilización no mayor a seis meses, la cual deberá cumplir con lo especificado en la sección 305 de la NTC.
El servicio de energía a instalaciones provisionales, quedará condicionado a que una persona calificada establezca y cumpla un procedimiento escrito de control de los riesgos eléctricos de esta instalación, el cual debe estar a disposición de la autoridad competente. (7)

2. INSPECCIÓN ELÉCTRICA

2.1 DEFINICIÓN

La Inspección Eléctrica implica una serie de pruebas realizadas en su sistema eléctrico, desde la entrada principal hasta los dispositivos fijos de uso final y accesorios para bajo o alto voltaje de acuerdo con la reglamentación adoptada a nivel nacional la cual tiene como fin proteger la vida humana, la propiedad y el medio ambiente.

2.2 REQUISITOS GENERALES DE UNA INSPECCIÓN ELÉCTRICA

- a. Verificar si el taller de electricidad o el taller de dibujo han sido ya inspeccionados por parte de un inspector eléctrico y están cumpliendo con las leyes estipuladas en el RETIE.
- b. Verificar que los materiales y los equipos eléctricos utilizados en la red eléctrica estén debidamente rotulados y certificados.
- c. Dentro de la instalación pueden haber dispositivos o equipos que requieran tratamiento o investigación especial (esto aplica para aquellos artefactos o dispositivos que se adecuan según la necesidad del usuario, es decir no provienen de fabricación debidamente rotulada y certificada).
- d. Verificar que las capacidades nominales de interrupción sean adecuadas a las condiciones de la instalación.
- e. Verificar que las salidas de fuerza, iluminación y tableros de distribución que no estén en servicio estén debidamente sellados.
- f. Revisar que los equipos y dispositivos estén firmemente a la superficie sobre la cual están montados y además tengan buena ventilación.
- g. Revisar que los empalmes y terminaciones estén hechos con dispositivos que sean adecuados para los materiales de los conductores.
- h. Verificar que los espacios y la altura de trabajo sean adecuados alrededor del equipo.
- i. Revisar que todos los medios de desconexión estén marcados para indicar su propósito a menos que este sea evidente
- j. Verificar que los espacios de acceso a los dispositivos contra sobre corriente y equipos de control no estén obstaculizados.
- k. Verificar que los espacios de trabajo tengan una iluminación adecuada. (8)

2.3 INSPECCIÓN VISUAL

La inspección de las instalaciones eléctricas, de ser visual, precede a las pruebas finales y es realizada a través de la inspección física de la instalación, esto se logra, recorriendo la instalación desde el punto de empalme hasta la última salida sea de fuerza o iluminación, la cual debe garantizar.

- Operación mecánica correcta de los aparatos de maniobra y protección.
- Correcta conexión de la instalación de puesta a tierra.
- Existencia en todos los toma corrientes de la conexión del conductor de protección a su borne de puesta a tierra. (9)

La inspección eléctrica visual permite establecer una idea global sobre el estado de la instalación eléctrica y de las condiciones técnicas de la ejecución, revisando los siguientes aspectos:

2.3.1 Punto de empalme

Un empalme es la unión eléctrica y mecánica entre dos conductores, se realiza para garantizar la continuidad del fluido eléctrico en situaciones en las que se desean o se requieren unir varios conductores independientes. Para realizar un empalme seguro y efectivo se debe recurrir a dispositivos capaces de evitar recalentamientos, que puedan provocar incendios.

Para empalmar dos conductores es importante utilizar los dispositivos adecuados los cuales garantizan la unión eléctrica y mecánica segura antes de proceder al empalme final. Estos métodos de empalme pueden ser aquellos que aprietan entre sí los hilos o cables por medio de un tornillo, los que alojan en un cuerpo metálico los extremos desnudos de los conductores sujetos por atornillado o soldadura de bronce, de arco o banda aislada mediante cintas certificadas para dicho uso, que ofrezcan un grado de aislamiento equivalente al de los conductores o algún dispositivo que cumpla la misma función.

Como parte fundamental para lograr un empalme correcto, es indispensable disponer de elementos como bornes, conectores de resorte, regletas o elementos que permitan la soldadura y posteriormente el aislamiento. Se debe tener en cuenta que el tradicional empalme que se realizaba retorciendo y entrelazando los hilos de ambos conductores, para luego recubrir la conexión con cinta aislante llamado 'cola de rata' no es permitido por la norma eléctrica de obligatorio cumplimiento y solo puede usarse como un recurso provisional para casos de emergencia.

Todos los empalmes de conductores deben realizarse dentro de la norma NTC 2050 Sección 300-15. Se trata de una caja de material aislante o metálica, en cuyo interior, y por medio de los métodos aprobados de empalme, se realizan las conexiones de los conductores del circuito principal los cuales servirán para instalar una derivación.

A la caja de empalmes llegan los tubos por cuyo interior circulan los conductores. Suelen ser redondas, cuadradas o rectangulares, y llevan unos agujeros ciegos, que pueden abrirse a diferentes diámetros, en los que se insertan los tubos conductores. (10)

2.3.2 Tableros de protección

Verificar en los tableros, armarios, cajas o gabinetes que contienen los dispositivos de conexión, comando, medición, protección, alarma y señalización de las cubiertas y soportes correspondientes. De acuerdo con la ubicación en la instalación a los tableros se les debe verificar:

- Ubicación: altura de montaje, fijación y presentación.
- Estructura de la caja: pintura, terminación y tamaño.
- Componentes: protecciones, alambrado, barrajes, llegada y salida de ductos, boquillas, tuercas, etc. (11)

2.3.3 Circuitos

En el momento de la inspección se debe corroborar que:

- El tamaño o sección transversal de los conductores.
- Verificar si el diámetro del ducto utilizado es el adecuado para la cantidad de conductores portadores de corriente que aloja.
- Cajas de derivación: inspeccionar la continuidad de los circuitos, el estado mecánico de los conductores, el estado del asilamiento en los empalmes, el espacio libre, el código de colores, el rotulado de los conductores, el factor de limpieza
- Cajas de interruptores y enchufes: el estado mecánico de unión al elemento, la llegada de ductos y la calidad de los dispositivos.
- Puesta a tierra: al inspeccionar la puesta a tierra se debe verificar el calibre de los conductores, el código de colores, el rotulado, la calidad de las empalmes o uniones, la llegada al tablero de distribución, y el empalme a los barrajes situadas en el tablero.
- Verificar que los elementos y dispositivos en la instalación estén debidamente certificados y cumplan con las especificaciones técnicas.
- Verificar que la vida útil de los elementos este en perfectas condiciones
- Medidas de protección contra choques eléctricos por contacto directo e indirecto.
- Las instalaciones eléctricas deben tener los dispositivos de protección acordes con el requerimiento de la carga y las exigencias del medio que se encuentran.
- Los dispositivos de protección deben de estar ubicados de tal forma que puedan tener fácil acceso para la operación y mantenimiento. (11)

2.4 REQUERIMIENTOS EN EL MONTAJE DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Todos los componentes de la red eléctrica deben ser instalados de tal manera que cumplan con las exigencias establecidas por el RETIE.

2.4.1 Aberturas no utilizadas

Las aberturas en los compartimentos que contengan materiales eléctricos y no tengan un propósito específico, se deben cerrar plenamente para proteger el equivalente a la pared del equipo. (1)

2.4.2 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 las personas que deban entrar para su instalación y mantenimiento. (1)

2.4.3 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 materiales extraños al sistema eléctrico. 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. (1)

2.4.4 Conexiones eléctricas

Utilizados para garantizar una conexión segura y confiable de conductores eléctricos.

2.4.5 Rotulado

Los conductores deberán ser marcados en forma indeleble y legible, sobre su superficie cada 275 mm con lo siguiente:

- País de fabricación
- Nombre del fabricante
- Tensión nominal en V
- Tipo de conductor
- Sección en mm² o AWG
- Año de fabricación. (12)

2.4.6 Código de colores para conductores.

La siguiente tabla define el color con el cual deben ser marcados los conductores aislados y conductores desnudos, tales como barrajes instalados en interiores. Si no es posible aplicar esta tabla por el aislamiento del conductor, se debe marcar en las partes visibles con pintura, cinta o rótulo que le permita su completa identificación.

Tabla1. Código de colores para conductores. Tomado y adoptado de la Tabla 13 del RETIE

SISTEMA	1Ø	1Ø	3Ø Y	3Ø Δ	3Ø Δ-	3Ø Y	3Ø Δ
TENSIONES NOMINALES	120 VOLTIOS	240/120 VOLTIOS	208/120 VOLTIOS	240 VOLTIOS	240/208 /120 VOLTIOS	480 VOLTIOS	481 VOLTIOS
CONDUCTORES ACTIVOS	1 FASE 2 HILOS	2 FASES 3 HILOS	3 FASES 4 HILOS	3 FASES 3 HILOS	3 FASES 4 HILOS	3 FASES 4 HILOS	3 FASES 3 HILOS
FASES	NEGRO	NEGRO ROJO	AMARILLO AZUL ROJO	NEGRO AZUL ROJO	NEGRO NARANJA AZUL	CAFE NARANJA AMARILLO	CAFÉ NARANJA AMARILLO
NEUTRO	BLANCO	BLANCO	BLANCO		BLANCO	GRIS	
TIERRA DE PROTECCION	DESNUDO O VERDE	DESNUDO O VERDE	DESNUDO O VERDE	DESNUDO O VERDE	DESNUDO O VERDE	DESNUDO O VERDE	DESNUDO O VERDE
TIERRA AISLADA	VERDE AMARILLO	VERDE AMARILLO	VERDE AMARILLO		VERDE AMARILLO		

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

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.

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. (1)

2.5 REQUISITOS DE INSTALACIÓN

A continuación se establecen los criterios de carácter obligatorio para los productos u equipos con mayor frecuencia de utilidad en las instalaciones eléctricas.

2.5.1 Clavijas y toma corrientes

- Los toma corrientes instalados en lugares húmedos deben tener un grado de encerramiento IP (o su equivalente NEMA), adecuado para la aplicación y condiciones ambientales que se esperan y deben identificar este uso.
- Para uso en intemperie, las clavijas y toma corrientes deben tener un grado de encerramiento IP (o su equivalente NEMA), adecuado para la aplicación y condiciones ambientales que se esperan. Los toma corrientes instalados en lugares sujetos a la lluvia o salpicadura de agua deben tener una cubierta protectora o encerramiento aprueba de intemperie.
- Se deben instalar los tomacorrientes de tal forma que el terminal de neutro quede arriba en las instalaciones horizontales.
- En lugares clasificados como peligrosos se deben utilizar clavijas y toma

corrientes aprobados y certificados para uso en estos ambientes.

- e) Los tomacorrientes deben instalarse de acuerdo con el nivel de tensión de servicio, tipo de uso y la configuración para el cual fue diseñado. (1)

2.5.2 Equipos de corte y seccionamiento

- a) Los interruptores para control de aparatos deben especificar la corriente y tensión nominal del equipo.
- b) Los interruptores deben instalarse en serie con los conductores de fase.
- c) No debe conectarse un interruptor de uso general en el conductor puesto a tierra.
- d) En ambientes especiales (clasificados como peligrosos) deben utilizarse interruptores apropiados a la técnica de protección seleccionada.
- e) La caja metálica que alberga al interruptor debe conectarse sólidamente a tierra. (1)

2.6 RIESGOS ELÉCTRICOS

Los riesgos eléctricos están asociados con los efectos perjudiciales que puede generar la electricidad y en su mayor parte están relacionados con el empleo de las redes eléctricas.

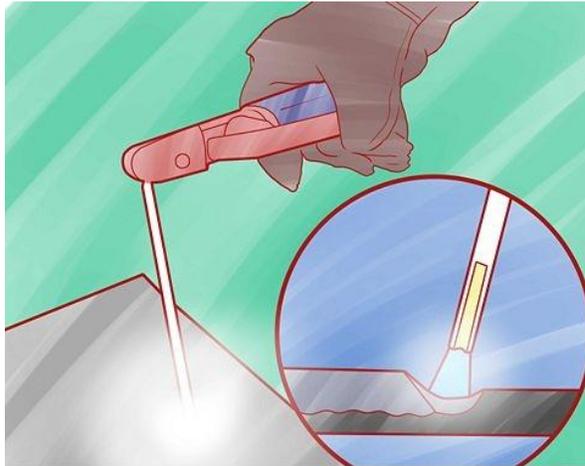
Los riesgos ocasionados por las instalaciones eléctricas pueden reducirse si se actúa de acuerdo a lo estipulado en el manual de obligatorio cumplimiento para las instalaciones eléctricas en las diferentes fases del proceso que transcurren desde la creación hasta la destrucción de las mismas.

- Diseño
- Ejecución(montaje)
- Mantenimiento
- Uso
- Desmantelamiento (desmontaje). (13)

2.6.1 Arco eléctrico

Producido por corto circuitos, apertura o cierre de seccionadores, interrupción de corriente, disminución del nivel de aislamiento (humedad, contaminación o por aproximación). Libera gran cantidad de energía, provocan quemaduras (intensa radiación ultra violeta que irradian aún sin que exista contacto eléctrico). (13)

Figura1. Arco eléctrico



Tomado de la referencia (14) <http://es.scribd.com/doc/4923364/Retie-Cartilla-practica>

2.6.1.1 Medidas de protección

Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar gafas de protección contra rayos ultravioleta. (13)

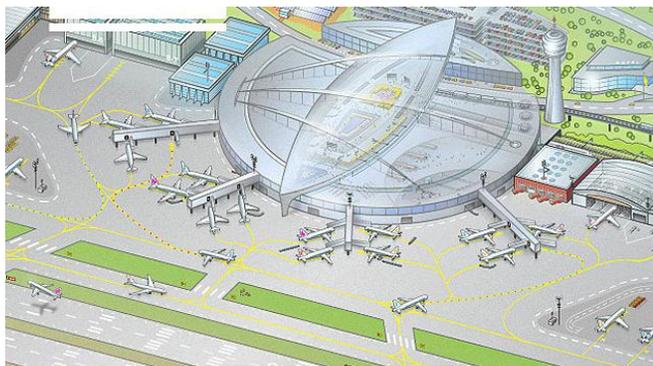
2.6.2 Ausencia de electricidad

Se presenta por fallas de aislamiento, deficiencias o ausencia de mantenimiento, defectos del conductor a tierra, apagón, no disponer de un sistema ininterrumpido de potencia o por no tener plantas de emergencia. (13)

2.6.2.1 Medidas de protección

Disponer de sistemas ininterrumpidos de potencia y de plantas de emergencia con transferencia automática. (13)

Figura2. Ausencia de electricidad



Tomado de la referencia (14)

2.6.3 Contacto directo con partes energizadas

Se presenta por negligencia de técnicos o ineptitud de personal no autorizado al trabajar con equipos o partes energizadas, exposición inadecuada de elementos energizados, falta de encerramientos adecuados, o incumplimiento de reglas de seguridad en los trabajos eléctricos. (13)

2.6.3.1 Medidas de protección

Distancias de seguridad, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta tierra, probadora usencia de tensión. (13)

Figura3 .Contacto directo



Tomado de la referencia (14)

2.6.4 Contacto indirecto

Se presenta por fallas de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra. (13)

2.6.4.1 Medidas de protección

Separación de circuitos, uso de muy baja tensión, distancias de seguridad, conexiones equipotenciales, sistemas de puesta a tierra, interruptores diferenciales, mantenimiento preventivo y correctivo. (13)

Figura4. Contacto indirecto



Tomado de la referencia (14)

2.6.5 Daños causados a las personas por la electricidad

Los daños que puede causar la electricidad pueden clasificarse de la siguiente forma:

- Causados por el paso de la corriente a través del cuerpo humano.
- Causados por la presencia de campos electromagnéticos. (13)

2.6.6 Daños causados por el paso de la corriente a través del cuerpo humano

Para que circule intensidad a través del cuerpo humano es necesario que entre dos partes del mismo exista una tensión (o diferencia de potencial). Cuando esto ocurre se producen los siguientes daños. (13)

2.6.6.1 Inmediatos

Contracción muscular, que puede provocar caídas, que a su vez pueden causar:

- Impacto, cortes, quemaduras (por contacto con zonas calientes), etc.
- Incremento de la corriente (por la invasión de una zona más peligrosa)
- Dificultad de respiración, que puede provocar asfixia.

Perturbaciones en el corazón, que pueden ser:

- Fibrilación ventricular. Produce un movimiento anormal del corazón que provoca la pérdida de presión sanguínea.
- Fibrilación auricular.

- Parada cardiaca.
- Como consecuencia de la falta de circulación de la sangre se produce la muerte de las células cerebrales por falta de oxígeno (anoxia).
- Aumento de la presión sanguínea.
- Quemaduras en las zonas de paso de la corriente.

La causa principal de muerte se considera la fibrilación ventricular. En algunos casos aparecen también como causas la parada cardiaca y la asfixia. (13)

2.6.6.2 Secundarios

- Cerebrales
- Circulatorios
- Renales (13)

2.6.7 Daños causados por la presencia de campos electromagnéticos

Los campos electromagnéticos y sus efectos están relacionados con su frecuencia. Entre 0 y 10 KHz los campos eléctricos y magnéticos deben considerarse por separado. (13)

2.6.7.1 Efectos directos

Un campo eléctrico induce una carga en la superficie de un cuerpo expuesto, que puede provocar cosquilleo de la piel, vibración del vello y pequeñas descargas electrostáticas.

Los campos magnéticos variables inducen en el interior del cuerpo tensiones que a su vez dan lugar a corrientes. La corriente inducida puede estimular los nervios o el tejido muscular.

Los campos electromagnéticos pulsados pueden producir otro tipo de efectos como percepción auditiva de pulsos de microondas además de aquellos asociados a la radiación de la onda. Pueden tener también efectos indirectos como quemaduras por tocar objetos calientes o efectos de los campos electromagnéticos. (13)

2.6.7.2 Efectos indirectos

Resultan del acoplamiento de un campo eléctrico o magnético con un objeto como una estructura metálica, que por las tensiones inducidas, puede provocar efectos directos sobre el cuerpo humano como con secuencia de descargas y quemaduras. (13)

2.6.8 Por otros causas

Por aumento de la temperatura. Se pueden producir quemaduras (en las manos).

Por accionamientos imprevistos de máquinas accionadas o controladas por energía eléctrica. Se pueden producir contusiones, heridas, roturas de huesos, etc. (13)

2.6.9 Daños de otros tipos

Los incendios, provocados por corto circuitos (motivados generalmente por un funcionamiento incorrecto de las instalaciones) son uno de los daños más frecuentes. En numerosas ocasiones se atribuye el origen de un incendio a un corto circuito, pero habitualmente el corto circuito no es sino un paso más en el proceso que desencadena el incendio. Es normal que el corto circuito se produzca por un calentamiento excesivo previo de elementos aislantes hasta alcanzar su punto de fusión, produciéndose a continuación el corto circuito. Los motivos del calentamiento pueden ser muy diversos; la obstrucción de la ventilación, el fallo de los sistemas de protección, o bien pudieran en algunos casos deberse a errores de mantenimiento, ejecución o hasta de diseño.

Otros daños típicos son las averías de equipos, motivadas por sobre tensiones atmosféricas o de maniobra.

También se producen incendios o explosiones motivadas por la presencia de atmósferas inflamables o explosivas ante elementos con temperatura elevada (producida por la electricidad) o arcos eléctricos. (13)

2.6.10 Principios físicos de protección

Los accidentes provocados por los riesgos eléctricos tienen como origen fallos en las instalaciones o actuaciones incorrectas de las personas. La forma de evitarlos será actuando sobre el origen de los mismos, es decir logrando que las instalaciones estén en las adecuadas condiciones de seguridad y que las personas actúen de forma segura con relación a los riesgos que existan. El principio básico generalizado de la protección en este campo es el aislamiento. El aislamiento es el conjunto de las materias aislantes empleadas en la construcción de un aparato o instalación y destinados a impedir cualquier contacto con las partes activas. (13)

2.6.10.1 Dispositivos de protección

El RETIE además de exigir que para toda instalación eléctrica se utilicen materiales y dispositivos certificados, hace de obligatorio cumplimiento que las instalaciones cuenten con los dispositivos necesarios de protección, tales como son relés de sobre cargas, interruptores magnéticos, pararrayos, electrodos de

puesta a tierra, tomas GFCI y DPS (dispositivos de protección contra sobretensiones).

2.7 PROTECCIÓN DE PARTES ENERGIZADAS (DE 600 V NOMINALES O MENOS)

2.7.1 Partes energizadas protegidas contra contacto accidental

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

- a) Ubicándolas en un cuarto, bóveda o recinto similar, accesibles al personal calificado.
- b) Mediante muros adecuados, sólidos y permanentes o pantallas de modo que al espacio cercano a las partes energizadas solo tenga acceso personal calificado. Cualquier abertura en dichos muros 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 2,40m o más por encima del nivel del piso u otra superficie de trabajo. (15)

2.7.2 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.

2.7.3 Señalización de seguridad

La función de estas señales es llamar rápidamente la atención sobre objetos o situaciones que pueden provocar peligros, así como para indicar la instalación de dispositivos y equipos que tengan importancia desde el punto de vista de seguridad en los centros y locales de trabajo.

- Las señales de seguridad no eliminan por sí mismas el peligro pero dan advertencias o directrices que permitan aplicarlas medidas adecuadas para prevención de accidentes.
- Las señales de seguridad deben transmitir mensajes de prevención, prohibición o información en forma clara, precisa y de fácil entendimiento para todos, en una zona en la que se ejecutan trabajos eléctricos o en zonas de operación de máquinas, equipos o instalaciones que entrañen un peligro

potencial.

- Un sistema eficaz de señalización de seguridad no invalida la puesta en práctica de las medidas de prevención necesarias.
- El conocimiento de la señalización por parte de los trabajadores implica la responsabilidad del empresario de formara los mismos.

Las señales de seguridad que se encuentren en las instalaciones eléctricas, son para respetarlas. Su objetivo es transmitir mensajes, los colores de las señales también tienen significados especiales: (14)

Figura5. Señalización de seguridad



Color	Significado	Usos
	PARE PROHIBICIÓN	Señales de Pare Prohibido Señales de Prohibición
	ACCION DE MANDO	Uso de EPP Ubicacion de sitios o elementos
	PRECAUCION RIEGO PELIGRO	Indicaciones de peligro (electricidad,..) Guardas de maquinaria Demarcacion de áreas de trabajo
	CONDICION DE SEGURIDAD	Salidas de emergencia, escaleras, etc., Control de marcha de máquinas y equlpos

Tomado de la referencia (14)

2.7.4 Contacto directo

Este tipo de situación ocurre cuando una persona toca directamente partes energizadas o entra en contacto directo con elementos activos dentro de la red, y puede sufrir un choque eléctrico. Teniendo en cuenta que la energía eléctrica es de uso diario en la mayoría de habitantes, las personas están en interacción constante con conductores eléctricos, electrodomésticos, equipos eléctricos, motores eléctricos.

2.7.4.1 Protección contra contactos directos

Para considerar que una instalación se encuentra protegida contra contactos eléctricos directos, deberá adoptarse una de las siguientes medidas:

- Por recubrimiento de las partes activas con materiales aislantes.
- Por alejamiento conservando distancias mínimas de seguridad.
- Interposición de obstáculos, barreras o envolventes (16)

2.7.5 Contacto indirecto

El contacto indirecto sucede cuando la persona toca una estructura metálica

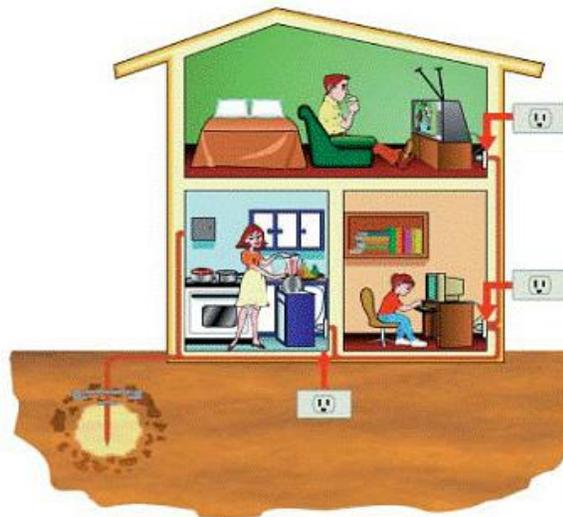
energizada del sistema, o una carcasa de un motor la cual en condiciones normales esta des-energizada. Una falla común en un sistema eléctrico es la pérdida de aislamiento provocando fugas de corriente.

2.7.5.1 Protección contra contactos directos

Consiste en tomar todas las medidas destinadas a proteger a las personas contra peligros que puedan resultar de un contacto con partes metálicas (masas), puestas accidentalmente bajo tensión, a raíz de una falla de aislamiento del aparato o equipo. Como masas se define el conjunto de las partes metálicas de aparatos, de equipos, de canalizaciones eléctricas (cajas, gabinetes, tableros, bandejas porta cables, etc.) que en condiciones normales están aisladas de las partes activas (con tensión), pero como consecuencia de una falla de aislamiento se ponen accidentalmente bajo tensión. (16)

2.8 PUESTA A TIERRA

Figura6 .Conductor de puesta a tierra



Tomado de la referencia (17)

Para evitar y atenuar la peligrosidad de estas perturbaciones en la vida y funcionamiento de los equipos, se ha previsto la estabilidad, continuidad de funcionamiento y la protección de los mismos con dispositivos que eviten el ingreso de estos transitorios a los sistemas en fracciones de segundo (nano segundos) y sean dispersados por una ruta previamente asignada como es el sistema de puesta a tierra (SPT), que es el primer dispositivo protector no solo del equipo sensible, sino también de la vida humana evitando desgracias o pérdidas que lamentar. (18)

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 sobre tensiones, 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 NTC 20 50, "conectar eléctricamente" quiere decir que se conecta de modo que sea capaz de transportar corriente, a diferencia de la conexión por inducción electromagnética. (1)

2.8.1 Componentes de un sistema de puesta a tierra

2.8.1.1 Conductor de puesta a tierra de los equipos

Todos los equipos, componentes, en cerramientos, canalizaciones, que por especificaciones del fabricante o por razones de seguridad requieran conexión a tierra deben ser conectados al barraje equipotencial asociado al equipo o área correspondiente. Dicha conexión se debe ejecutar con los requerimientos expresados para cada equipo, componente, encerramiento, canalización, descritos en la sección o artículo correspondiente de la NTC2050 y las exigencias del fabricante o los códigos de seguridad.

Cada conductor de puesta a tierra de equipos instalado en paralelo, debe tener una sección transversal determinada con base en la corriente nominal o de máximo ajuste del dispositivo de protección contra sobre corriente, que proteja los conductores del circuito en la canalización o cable.

Cuando se instalen conductores de mayor sección transversal para compensación de caídas de tensión, los conductores de puesta a tierra también se deben ajustar proporcionalmente. (19)

2.8.1.2 Conductor del electrodo de puesta a tierra

El conductor del electrodo de puesta a tierra debe de ser de cobre, aluminio o aluminio recubierto de cobre. El material elegido debe ser resistente a la corrosión que se pueda producir en la instalación

El conductor debe ser macizo o trenzado, aislado, forrado o desnudo y debe de ser un solo tramo continuo, sin empalmes ni uniones.

El calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra de una instalación de corriente alterna puesta o no a tierra, no debe ser menor a lo especificado en la tabla 250-94 de la NTC2050. (1)

Tabla2. Conductor del electrodo de puesta a tierra. Tomado y adoptado de la Tabla 250-94 de la NTC 2050

Sección transversal mayor conductor de suministro eléctrico		Sección transversal conductor del electrodo de puesta a tierra	
mm ²	AWG	mm ²	AWG
33,62 o menor	2 o menor	8,36	8
42,20 a 53,50	1 o 1/0	13,29	6
67,44 a 85,02	2/0 o 3/0	21,14	4
107,21 a 177,34	4/0 a 350 kcmil	33,62	2
202,68 a 304,02	400 a 600 kcmil	53,50	1/0
329,35 a 557,37	650 a 1100 kcmil	67,44	2/0
608,04 o mayor	1200 o mayor	85,02	3/0

2.8.1.3 El electrodo de puesta a tierra

Figura7. Electrodo de puesta a tierra



Tomado de la referencia (20)

Los electrodos o varillas de puestas a tierra, como también se les conoce son utilizados para aterrizar las descargas eléctricas que sufren ocasionalmente los equipos eléctricos. Permite la protección de las personas y de los bienes contra los efectos de la caída de rayos, descargas estáticas, señales de interferencia y electromagnéticas y contactos indirectos por corrientes de fugas a tierra. Para instalar el electrodo de puesta a tierra, se debe elegir un lugar accesible para realizar mediciones periódicas programadas y lo más cercano posible al lugar donde se encuentre el equipo a proteger de preferencia en la misma área. (21)

2.8.2 Objetivos de un sistema de puesta a tierra

- Brindar seguridad y protección a los seres humanos
- Proteger los equipos, instalaciones, garantizando estabilidad y correcta operación
- Establecer la permanencia, de un potencial de referencia, al estabilizar la tensión eléctrica a tierra, bajo condiciones normales de operación.
- Disipar la corriente asociada a descargas eléctricas producidas por fenómenos meteorológicos y limitar las sobre tensiones generadas.
- Dispersar las cargas estáticas a tierra. (22)

2.9 ILUMINACIÓN

Se entiende por iluminación a la técnica que se refiere al conjunto de dispositivos que se instalan para producir ciertos efectos luminosos, tanto prácticos como decorativos

La importancia de una buena iluminación va más allá de cualquier visión estrictamente conceptual. Iluminar es algo más que proporcionar luz, trascendiendo el concepto de la artificialidad por naturaleza. Diseñar, modelar, convertir, dirigir, manejar y aplicar la luz de manera adecuada son los preceptos básicos de las técnicas iluminativas actuales, capaces de tratar tanto la luz natural como la artificial de la misma manera en la que se manipula un material tangible.

La creación de un ambiente agradable para el desarrollo de actividades donde el uso continuo e intenso de la vista es primordial va sujeto a la calidad de iluminación donde se llevara a cabo la actividad. Por su parte, la creación de ese ambiente válido requiere la convergencia de los factores estéticos, material, textura, posición, color de los elementos lumínicos y funcionales, luz natural y artificial formalizada eficazmente, de manera que el bien estar del usuario se convierta en la función principal del diseño. Siendo así, la importancia del entorno alcanza su grado máximo y es la gestión del espacio y de la luz uno de los elementos modeladores del entorno eficiente, agradable, confortable, vital y estético.

La iluminación de espacios tiene alta relación con las instalaciones eléctricas, ya que la mayoría de las fuentes modernas de iluminación se basan en las propiedades de incandescencia y luminiscencia de materiales sometidos al paso de corriente eléctrica. Una buena iluminación, además de ser un factor de seguridad, productividad y de rendimiento en el trabajo, mejora el confort visual y hace más agradable y acogedora la vida. Si se tiene en cuenta que por lo menos una quinta parte de la vida del hombre transcurre bajo alumbrado artificial, se comprenderá el interés que hay en establecer los requisitos mínimos para realizar los proyectos de iluminación, los cuales se presentan a continuación. (23)

2.9.1 Iluminación eficiente

Un sistema de iluminación eficiente es aquel que, además de satisfacer necesidades visuales, crea también ambientes saludables, seguros y confortables, posibilita a los usuarios disfrutar de atmósferas agradables empleando apropiadamente los recursos tecnológicos (fuentes luminosas, luminarias, sistemas ópticos, equipos de control, etc.), además de hacer un uso racional de la energía para contribuir a minimizar el impacto ecológico y ambiental. (2)

2.9.2 Requisitos generales del diseño de iluminación

El diseño de la iluminación está directamente ligado al área que se desea iluminar eficientemente. Se debe tener en cuenta las dimensiones del lugar a iluminar, los colores y las reflectancias de las superficies del salón, la actividad a ser desarrollada, la disponibilidad de la iluminación natural y también las necesidades adicionales solicitados por el cliente.

Para una eficiente iluminación se debe establecer una amplia interacción entre el diseñador de ésta y quienes van a realizar la construcción

Para el diseñador se hace obligatorio conocer a priori de iniciar un diseño de alumbrado interior los siguientes aspectos:

- a. La disponibilidad de la iluminación natural.
- b. Conocer con detalles las actividades asociadas con cada espacio.
- c. Las exigencias visuales de cada puesto de trabajo y su localización.
- d. Propiedades de las fuentes y luminarias, tales como:
 - El índice de reproducción del color, lo natural que parecen los objetos bajo la luz.
 - La temperatura del color, la apariencia de calidez o frialdad de la luz.
 - El tamaño y forma de la fuente luminosa y de la luminaria.
- e. Los niveles de iluminancia e uniformidad requeridas.
- f. Las condiciones de reflexión de las superficies.
- g. El control del deslumbramiento. (2)

2.9.3 Información previa en el diseño de iluminación

Para determinar el cálculo y las soluciones de iluminación interior, se deben tener en cuenta parámetros tales como:

- a) El uso de la zona a iluminar.
- b) El tipo de tarea visual a realizar.
- c) Las necesidades de luz y del usuario del local.
- d) El índice K del local o dimensiones del espacio (longitud, anchura y altura útil)
- e) La reflectancia de las paredes, techo y suelo de la sala
- f) Las características y tipo de techo
- g) Las condiciones de la luz natural. (24)

2.9.4 Diseño detallado

En esta etapa, en función del perfil de finido en la fase de planificación básica, se comienzan a resolver los aspectos específicos del proyecto, éstos comprenden: la selección de luminarias, el diseño geométrico y sistema de montaje, los sistemas de alimentación, comando y control eléctrico, la instalación de alumbrado de emergencia y seguridad. Además, se realiza el análisis económico, guion financiero y el presupuesto del proyecto, se confecciona la documentación técnica, (planos y memoria descriptiva) incluyendo una propuesta de esquemas funcionales para propiciar el uso racional de la energía y un programa adecuado de mantenimiento.

El propósito de esta etapa del proyecto es:

- Seleccionar los circuitos.
- Realizar un documento sobre los problemas detectados en las etapas de verificación, y las acciones de corrección correspondientes.
- Generar la documentación y las especificaciones que describan completamente el diseño, etc.

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
- El esquema y programa de mantenimiento.
- Las especificaciones de los equipos recomendados. (25)

2.9.5 Requisitos generales de un sistema de iluminación

2.9.5.1 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, 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.

Se determinan en una buena iluminación conocer aspectos como el color del objeto a iluminar, el contraste con el fondo cercano, el entorno, el tamaño y brillo del objeto. (2)

Otros aspectos a tener en cuenta

- Selección de luminarias y fuentes luminosas.
- Vida útil de la fuente lumínica.
- Flujo luminoso para diseño.
- Características de reproducción cromática y de temperatura de color.

2.9.5.2 Requerimientos de iluminación

Se deben tener en cuenta los niveles óptimos de iluminación requeridos en la tarea a desarrollar, las condiciones visuales de quien la desarrolla, el tiempo de permanencia y los fines específicos que se pretenden con la iluminación. (7)

2.9.5.3 Selección de fuentes luminosas y luminarias

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.

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. (2)

2.9.5.4 Duración o vida útil de la fuente luminosa

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:

Curva de depreciación lumínica de las fuentes. La curva característica de depreciación bajo condiciones de operación nominales, varía dependiendo de la sensibilidad de la fuente luminosa y del número de ciclos de encendido y apagado.

Curvas de mortalidad o de vida promedio de las fuentes luminosas. Las bombillas incandescentes se consideran con vida hasta cuando 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.

Vida económica de las fuentes y análisis económico de las luminarias:

- La vida económica de una fuente luminosa, es el periodo expresado en horas. La relación entre el costo de reposición y el costo de los lúmenes-hora que sigue produciendo, no es económicamente favorable. (2)

2.9.6 Detalles de la iluminación en el alumbrado interior

Para lograr que los niveles de iluminación sean adecuados hay que tener en cuenta los valores recomendados para cada tarea y entorno, además se debe garantizar el cumplimiento de los valores mínimos, promedios y máximos de iluminancia para así ofrecer comodidad visual, factor de seguridad, rendimiento visual, una instalación puede producir diferentes impresiones a distintas personas. Las condiciones necesarias para obtener una buena iluminación requieren de tres factores fundamentales.

- a) El nivel de iluminación adecuado a las características de los locales por iluminar y las actividades que se desarrollen.
- b) Una distribución apropiada de la luz.
- c) El tipo de fuente luminosa y los aparatos de iluminación (luminarias). (26)

2.9.6.1 Niveles de iluminación recomendados

En lugares de trabajo se debe asegurar el cumplimiento de los niveles de iluminancia de la Tabla 410.1 del RETILAP adaptados de la norma ISO8995 "*Principles of visual ergonomics- -The lighting of in door Works y systems*".

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

En ningún momento durante la vida útil del proyecto la medición de iluminancia promedio podrá ser superior al valor máximo, ni inferior al valor mínimo establecido en la Tabla 410.1 del RETILAP.

A continuación se muestra parte de esta tabla para algunas áreas y actividades relacionadas con este proyecto. En esta misma se encuentran los valores máximos permitidos para el deslumbramiento (UGR). (2)

Tabla3. Índice UGR máximo y niveles de iluminancia exigibles para diferentes áreas y actividades. Tomada y adoptada de la Tabla 410.1 del RETILAP

TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD	UGR	NIVELES DE ILUMINANCIA (lx)		
		Mínimo	Medio	Máximo
Oficinas		-	-	-
Salas de general(computación)		300	500	750
Colegios	-	-	-	-
Salones de clase	19	300	500	750
Elaboración de Planos	19	500	750	1000
Tableros con Tiza	16	300	500	750
Elaboración de planos				
Salas de conferencias	-	-	-	-
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

2.9.6.2 Deslumbramiento

El deslumbramiento es cualquier brillo que produce molestias, interferencia con la visión o fatiga visual. Son precauciones contra el deslumbramiento excesivo la protección de todas las lámparas que se instalen dentro del campo de visión, el uso de colores claros en techos y paredes para reducir el contraste, el montaje de las fuentes de luz por encima de la línea normal de visión siempre que sea posible, la reducción de brillo y de las luminarias a límites razonables. (26)

2.9.6.3 Elección de las luminarias y lámparas

La elección de las fuentes de luz depende en gran medida del aspecto del conjunto y la economía. En ciertas aplicaciones la gran superficie de la lámpara fluorescente es más ventajosa desde el punto de vista de bajo brillo y mínimo deslumbramiento. Por otra parte, cuando se desea un control exacto son más

efectivas las fuentes más pequeñas pero de mayor brillo. (26)

2.9.6.4 Coeficiente de utilización

El valor del coeficiente de utilización indica, la porción del flujo luminoso suministrado por las lámparas que llega al plano de trabajo; depende del sistema de iluminación, de las características de la luminaria, del índice del local, del factor de reflexión del techo, de las paredes y del suelo del local, brindado en tablas de los fabricantes. (26)

2.9.6.5 Coeficiente de conservación

El coeficiente de conservación de la instalación depende de la facilidad de retener el polvo que tengan los aparatos, de la porción de polvo, el humo del ambiente y la frecuencia de limpieza. Este coeficiente toma en consideración la reducción de la luz emitida por las lámparas o luminarias, debido al envejecimiento y acumulación de suciedad. (26)

2.9.7 Alumbrado en las áreas de trabajo a inspeccionar

La iluminación destinada para algún tipo de trabajo, debe lograr optimizar las condiciones visuales en el plano de trabajo, buscando un medio visual adecuado para el bienestar y rendimiento de los usuarios.

2.9.7.1 Alumbrado de oficinas

Las luminarias se disponen normalmente en el techo siguiendo un modelo regular en líneas rectas. Si al realizar el proyecto de iluminación de un edificio completo el emplazamiento de las luminarias coincide con el módulo de las ventanas, se debe hacer el diseño de alumbrado de forma que proporcione el nivel luminoso adecuado a las salas de mayores dimensiones. La misma distribución de luminarias se podrá aplicar al resto de las salas, cualquiera que sean sus dimensiones, siempre y cuando cumplan con los requisitos de nivel de iluminación, uniformidad, deslumbramiento y los de uso racional de energía.

El alumbrado de oficinas puede diseñarse de un modo más esquemático que el de otras instalaciones de alumbrado, porque:

- El número de tareas visuales es limitado y bien definido (leer, escribir, dibujar en monitores de computador, etc.).
- El plano horizontal de trabajo tiene una altura entre 0,75 y 0,85 por encima del nivel del piso.
- La altura de techos está entre 2,8 y 3m.

Los requisitos visuales para el alumbrado de oficinas son los siguientes:

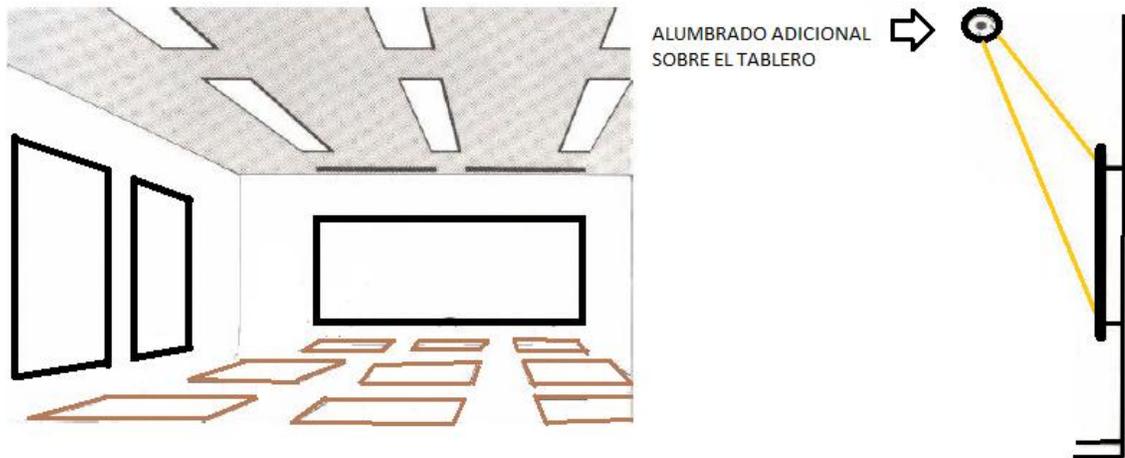
- Luminarias de baja luminancia.
- Ausencia de reflexiones en la superficie de las mesas de trabajo y paneles brillantes.
- Aspecto cromático y rendimiento de color agradables.

Las luminarias respecto al control de deslumbramiento podrán estar provistas de rejillas, difusores o pales, cubiertas prismáticas o elementos especulares para que la instalación cumpla con los valores de UGR establecidos en el presente reglamento. (2)

2.9.7.2 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, y en casos específicos aulas de dibujo y o aulas de computo, .Como estas actividades son parecidas a las de las oficinas, los requisitos generales de alumbrado de éstas pueden aplicarse al de escuelas. (2)

Figura8. Iluminación aulas de clase



Tomado de la referencia (2)

2.9.7.3 Iluminación de aulas de clase enfocadas en el dibujo y el uso de cómputo

En las salas de desarrollo de dibujo técnico, planos, y salas de computo normalmente no hay luz diurna y sólo existe la artificial. En estos locales se deben tener en cuenta los siguientes requisitos:

- Niveles de iluminación requeridos para la realización de dibujo técnico, planos

- y planchas
- Especial cuidado en prevenir el deslumbramiento.
 - Instalar un alumbrado localizado sobre la pizarra de la pared con una iluminancia vertical de 750 luxes.
 - Contar con un panel de control que permita encender y apagar los distintos grupos de luminarias, manejar el equipo de regulación de alumbrado
 - En estos recintos contar con instalación de un alumbrado de emergencia y de señalización de las salidas. (2)

2.9.8 Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación

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 100lux 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).

Es preciso tener presente que la eficiencia energética en su concepción más amplia pretende mantener el servicio que presta, reduciendo al mismo tiempo el consumo de energía. Es decir, se trata de reducir las pérdidas que se generan en toda transformación o proceso, incorporando mejores hábitos de uso y mejores tecnologías.

Por otro lado, la eficiencia energética comprende las acciones más importantes para la reducción del calentamiento global, pues mientras menos energía se utiliza menos producción de contaminantes se emiten al medio ambiente. (27)

Tabla4. Valores límite de eficiencia energética de la instalación (VEEI). Tomada y adoptada de la Tabla 440.1 del RETILAP

Zona de baja importancia lumínica	
ACTIVIDADES DE LA ZONA	LIMITEVEEI
Administrativo en general	3,5
Zonas comunes	4,5
Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	5
Aulas y laboratorios	4
Aparcamientos	5
Habitaciones de hospital	4,5
Salas de diagnóstico	3,5
Andenes estaciones de transporte	3,5
Zonas deportivas	5
Pabellones de exposición o ferias	3,5
Recintos interiores asimilables a Grupo1 no descritos en la lista anterior	4,5
Zona de alta importancia lumínica	
ACTIVIDADES DE LA ZONA	
Administrativo en general	6
Bibliotecas, museos y galerías de arte	6
Supermercados, hipermercados y grandes almacenes	6
Estaciones de transporte	6
Zonas comunes en edificios residenciales	7,5
Centros comerciales (excluidas tiendas)	8
Religioso en general	10
Tiendas y pequeño comercio	10
Hostelería y restauración	10
Recintos interiores asimilables a grupo 2 no descritos en la lista anterior	10
Habitaciones de hoteles, hostales, etc.	12
Zonas comunes	10

Los valores de VEEI se establecen en dos grupos de zonas en función de la importancia que tiene la iluminación, estas son:

Grupo1: Zonas de baja importancia lumínica. Corresponde a espacios donde 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 iluminancia, el confort visual, la seguridad y la eficiencia energética.

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

3. TÉCNICAS PARA LA MEDICIÓN DE ILUMINACIÓN

3.1 MEDICIÓN DE ILUMINANCIA GENERAL DE UNSALÓN

El método de medición que frecuentemente se utiliza, es una técnica de estudio fundamentada en una cuadrícula de puntos de medición que cubre toda la zona analizada. La base de esta técnica es la división del interior en varias áreas iguales, cada una de ellas idealmente cuadrada. Se mide la iluminancia existente en el centro de cada área, para tomar las lecturas el sensor del luxómetro se debe colocar a la altura de 0.75 metros sobre el nivel del suelo para trabajar sentados y de 0,85 metros para trabajos de pie y se calcula un valor medio de iluminancia. En la precisión de la iluminancia media influye el número de puntos de medición utilizados.

Existe una relación que permite calcular el número mínimo de puntos de medición a partir del valor del índice de local aplicable al interior analizado.

La luz de día se puede excluir de las lecturas, ya sea tomando las en la noche o mediante persianas, superficies o pacas que no permitan la penetración de ésta. El área se debe dividir en pequeños cuadrados, tomando lecturas en cada cuadrado y calculando la media aritmética. Una cuadrícula de 0,6 metros es apropiada para muchos espacios. (2)

3.2 CONFIGURACIONES PARA LOS PUNTOS DE MEDICIÓN

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

Figura 9. Puntos de medición de iluminancia en la cuadrícula de un local con luminarias espaciadas simétricamente en dos o más filas



Tomado de la referencia (2)

$$E_{prom} = \frac{R(N-1)(M-1)+Q(N-1)+T(M-1)+P}{NM} \quad (2)$$

Dónde:

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

- a. Se realizan medidas en los puntos r₁, r₂, r₃ y r₄ para una cuadrícula típica interior. Se repite a los puntos r₅, r₆, r₇ y r₈ para una cuadrícula típica central, se promedia las 8 lecturas. Este es el valor R de la ecuación de la iluminancia promedio.

$$R = \frac{r_1 + r_2 + r_3 + r_4 + r_5 + r_6 + r_7 + r_8}{8} \quad (3)$$

- b. Se realizan medidas en los puntos q₁, q₂, q₃, y q₄, 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.

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

- c. Se realizan medidas los puntos t₁, t₂, t₃, y t₄ 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.

$$T = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}{4} \quad (5)$$

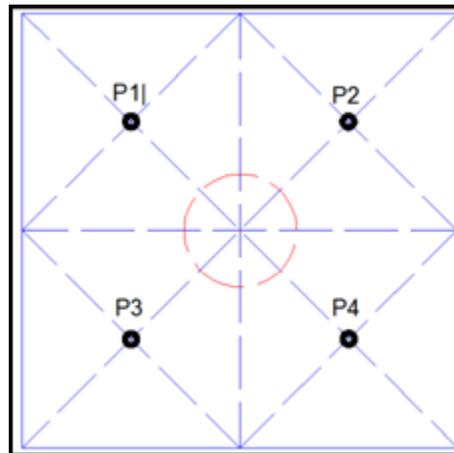
- d. Se realizan medidas en los puntos p₁, p₂, en dos cuadrículas típicas de las esquinas, se promedian las dos lecturas. Este es el valor P de la ecuación de la iluminancia promedio.

$$P = \frac{p_1 + p_2}{2} \quad (6)$$

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

3.2.2 Áreas regulares luminaria simple con localización simétrica

Figura 10. Puntos de medición de iluminancia de una luminaria en la cuadrícula de un local con una sola luminaria



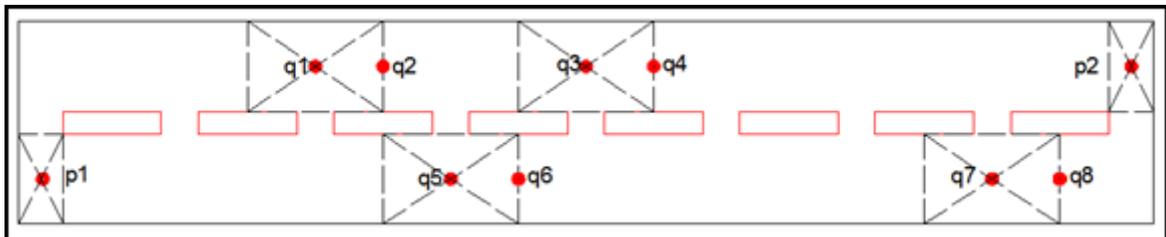
Tomado de la referencia (2)

Se realizan medidas en los puntos p1, p2, p3, y p4, en las cuatro cuadrículas, se promedian las cuatro lecturas. Este es el valor P de la ecuación de la iluminancia promedio de área de la Figura 11.

$$P = \frac{p_1 + p_2 + p_3 + p_4}{4} \quad (7)$$

3.2.3 Áreas regulares con luminarias individuales en una sola fila

Figura 11. Puntos de medición de iluminancia en la cuadrícula de un local con luminarias individuales en una sola fila.



Tomado de la referencia (2)

$$E_{prom} = \frac{Q(N - 1) + P}{N} \quad (8)$$

Dónde:

E_{prom} Iluminancia promedio
N Número de luminarias

- a. Se realizan medidas en los puntos q1 hasta q8, en cuatro cuadrículas típicas, localizadas dos en cada lado del área. Se promedian las 8 lecturas. Este es el valor Q de la ecuación de la iluminancia promedio.

$$Q = \frac{q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6 + q_7 + q_8}{8} \quad (9)$$

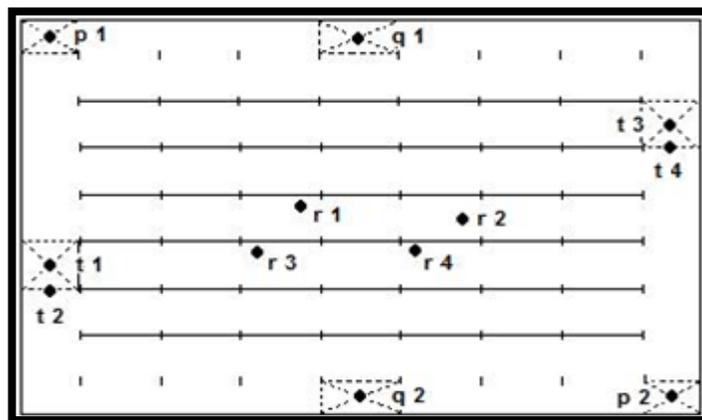
- b. Se realizan medidas en los puntos p1, y p2, para dos cuadrículas típicas de las esquinas. Se promedian las 2 lecturas. Este es el valor P de la ecuación de la iluminancia promedio.

$$P = \frac{p_1 + p_2}{2} \quad (10)$$

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

3.2.4 Áreas regulares con luminarias de dos o más filas

Figura 12. Puntos de medición de iluminancia en la cuadrícula de un local con dos o más filas de luminarias



Tomado de la referencia (2)

$$E_{prom} = \frac{RN(m-1)(m-1) + QN + T(m-1) + P}{M(n+1)} \quad (11)$$

Dónde:

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

- a. Se realizan medidas en los puntos r₁, r₂, r₃ y r₄ localizados en el centro del área y se promedian las 4 lecturas. Este es el valor R de la ecuación de la iluminancia promedio.

$$R = \frac{r_1 + r_2 + r_3 + r_4}{4} \quad (12)$$

- b. Se realizan medidas en los puntos q₁, y q₂, 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.

$$Q = \frac{q_1 + q_2}{2} \quad (13)$$

- c. Se realizan medidas en los puntos t₁, t₂, t₃, y t₄ en cada final del salón Se promedian las cuatro lecturas. Este es el valor T de la ecuación de la iluminancia promedio.

$$T = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}{4} \quad (14)$$

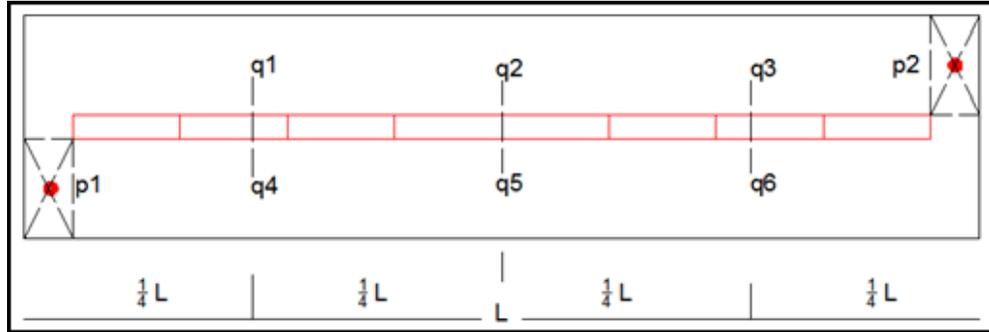
- d. Se realizan medidas en los puntos p₁, p₂, en dos cuadrículas típicas de las esquinas. Se promedian las dos lecturas. Este es el valor P de la ecuación de la iluminancia promedio.

$$P = \frac{p_1 + p_2}{2} \quad (15)$$

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

3.2.5 Áreas regulares con fila continua de luminarias individuales

Figura 13. Puntos de medición de iluminancia en la cuadrícula de un local con una fila continua de luminarias



Tomado de la referencia (2)

$$E_{prom} = \frac{QN + P}{N + 1} \quad (16)$$

Dónde:

E_{prom} luminancia promedio
 N Número de luminarias.

- a. Se realizan medidas en los puntos \$q1\$, hasta \$q6\$. Se promedian las 6 lecturas. Este es el valor \$Q\$ de la ecuación de la iluminancia promedio.

$$Q = \frac{q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6}{6} \quad (17)$$

- b. Se realizan medidas en los puntos \$p1\$, y \$p2\$, para dos cuadrículas típicas de las esquinas. Se promedian las 2 lecturas. Este es el valor \$P\$ de la ecuación de la iluminancia promedio.

$$P = \frac{p_1 + p_2}{2} \quad (18)$$

- c. Se determina la iluminancia promedio en el área utilizando la ecuación de \$E_{prom}\$. (2)

3.3 EQUIPOS DE MEDICIÓN Y SU UTILIZACIÓN

Para medir la intensidad de iluminación se emplean luxómetros, esencialmente constituidos por una célula foto eléctrica 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 dispositivos 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 dispositivo. Se dice entonces que el Luxómetro es de célula corregida.

Los equipos son muy sensibles a altas temperaturas y al deterioro mecánico. Regularmente la célula está protegida en su parte superior con cristal plano resistente, lo que ocasiona que la luz incidente oblicuamente no pueda medirse correctamente debido a la reflexión en el cristal. (28)

Antes de tomar las lecturas, la foto celda del luxómetro debe ser previamente expuesto 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 foto celda 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 del 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 resultados inexactos. 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 en recintos o zonas libres de muebles cuya altura total sea superior a la del plano de medición. (2)

3.4 FORMATOS

3.4.1 Resultados de las mediciones

Se debe realizar y mantener un reporte en el cual se encuentre plasmada la información obtenida en el reconocimiento, los datos obtenidos durante la evaluación y al menos la siguiente información:

- a) Informe descriptivo de las condiciones normales de operación, en las cuales se realizó la evaluación, incluyendo las descripciones del proceso, instalaciones, puestos de trabajo y el número de trabajadores expuestos por área.
- b) Plano de distribución del área evaluada, en el que se indique la ubicación de los puntos de medición.
- c) Resultados de la medición de los niveles de iluminación.
- d) Comparación e interpretación de los resultados obtenidos, contra lo establecido en las tablas de la Sección 440 del Capítulo 4 del presente Reglamento Técnico.
- e) Hora en que se efectuaron las mediciones.
- f) Programa de mantenimiento.
- g) Copia del documento que avaló la calibración o verificación del Luxómetro, expedido por un laboratorio acreditado y aprobado conforme a los criterios Nacionales e Internacionales sobre Metrología y Normalización.
- h) Conclusión técnica del estudio.
- i) Las medidas de control a desarrollar y el programa de implantación.
- j) Nombre y firma del responsable del estudio.

Finalmente los datos obtenidos en las evaluaciones se deben registrar en los siguientes formatos

Tabla 5. Formato 1 inspección general del área o puesto de trabajo. Tomado y adoptado de la Sección 490.2 del RETILAP

EMPRESA: _____
 FECHA: _____ DIA: _____ NOCHE: _____

1. CONDICIONES DEL ÁREA:

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA: _____

DIMENSIONES: _____

LONGITUD: _____ ANCHO: _____ ALTURA: _____

PLANO DEL ÁREA CON DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS:

2. DESCRIPCIÓN DE PAREDES, PISOS Y TECHOS

DESCRIPCIÓN	CONDICIÓN DE LA SUPERFICIE					
	MATERIAL	COLOR	TEXTURA	LIMPIA	MEDIA	SUCIA
Paredes						
Techo						
Piso						
Superficie de trabajo						
Equipo o Máquina						

3. CONDICIONES GENERALES:

Clasificación del equipo			
Luminarias, tipo			
Especificación de las bombillas			
bombillas por luminaria			
Número de luminarias			
Número de filas			
Luminarias por fila			
Altura del montaje			
Espacios entre luminarias			
Condición de las luminarias	Limpio	Medio	Sucio

Descripción de la iluminación local o complementaria. _____

Estudios realizados anteriormente: Si No _____

Resultados obtenidos: _____

Tabla 6. Formato 2 medidas de iluminancia general. Tomado y adoptado de la Sección 490.2 del RETILAP

MEDIDAS DE ILUMINANCIA GENERAL

EMPRESA: _____ SECCIÓN: _____

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

Disposición de las luminarias en el local: _____

(La identificación de los 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	DÍA			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 _____ Matricula profesional N° _____

Tabla 8. Formato 4 especificaciones de la instalación alumbrado. Tomado y adoptado de la Sección 490.2 del RETILAP

ESPECIFICACIONES DE LA INSTALACIÓN ALUMBRADO

EMPRESA: _____

Área: _____

OBJETIVOS:

Nivel de iluminancia de diseño: _____ Lux

Coefficiente de uniformidad CU: _____

Otros: _____

APROVECHAMIENTO DE LA LUZ NATURAL:

Iluminancia exterior producida por la luz natural. _____ Lux

Iluminancia interior producida por la luz natural. _____ Lux

Coefficiente de luz diurna (CLD): _____ %

Coefficiente mínimo promedio exigido de luz diurna: _____

(Para los valores mínimos del Coeficiente de Luz Diurna CLD que deben cumplir las edificaciones ver el Tabla 415-1.c) del Capítulo 4 del RETILAP)

TIPO INSTALACIÓN ILUMINACIÓN NATURAL:

Instalación luz día

Techo _____ ventanas _____ ambas _____

ILUMINACIÓN ARTIFICIAL:

Número de luminarias: _____

Área de trabajo: Largo: _____ Ancho _____

Altura del plano de trabajo sobre el nivel del piso: _____

Altura de las luminarias sobre el plano de trabajo: _____

Altura de suspensión de las luminarias desde el techo: _____

Distancia entre centro de luminarias a lo Largo: _____

Distancia entre centro de luminarias a lo Ancho: _____

BOMBILLAS o LÁMPARAS:

Fabricante y referencia: _____

Tipo de bombilla: _____

Potencia de la bombilla: _____ W

Lúmenes iniciales (100 h): _____ lm

Periodo de reemplazo de las bombillas: _____ horas

Factor de depreciación de lúmenes de las bombillas: _____

LUMINARIA:

Fabricante y referencia. _____

Bombillas por luminaria: _____

Potencia total por luminaria. _____ W

CONTROLES:

Tipo manual (Suiches): _____

Tipo control automático: _____

ESQUEMA

Cálculo inicial de iluminancia promedio: _____ lux

Factor de mantenimiento estimado: _____

Cálculo de iluminancia promedio mínima mantenida: _____ lux

Carga eléctrica instalada en alumbrado: _____ kW.

Factor de potencia: _____

Eficiencia energética de la instalación, W/m² por cada 100 luxes (VEEI) _____.

MANTENIMIENTO:

Periodo limpieza de ventanas: _____ meses

Periodo de limpieza de techos: _____ meses

Periodo limpieza de luminarias: _____ meses

Periodo de reemplazo de las bombillas: _____ meses

Periodo de limpieza de mantenimiento de techo, paredes y pisos: _____

Diseñador del sistema: _____

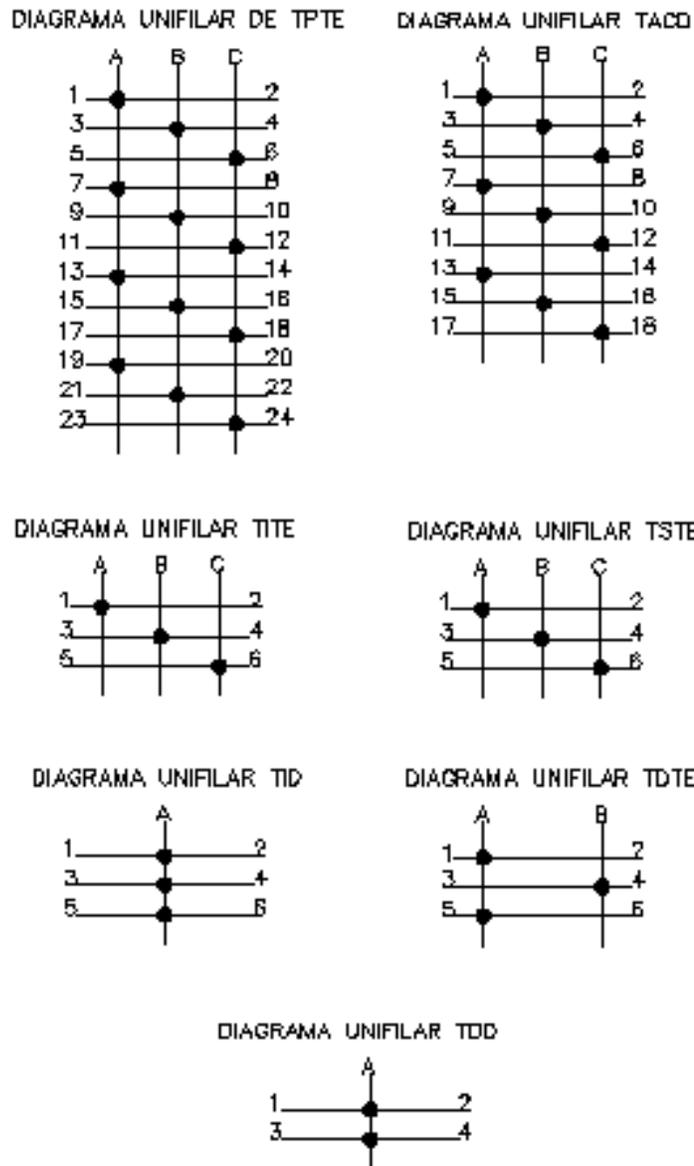
Fecha: _____

Responsable _____ Matrícula profesional N° _____

4. INSPECCIÓN ELÉCTRICA

El primer paso para realizar la inspección eléctrica en los talleres de dibujo y de electricidad del Instituto Técnico Superior fue solicitar los planos al encargado de la institución, se obtuvieron los planos arquitectónicos mas no los eléctricos por consiguiente se optó por hacer el levantamiento del plano eléctrico de los talleres de dibujo y electricidad como se muestra en las figuras14, 15 y 16.

Figura14. Diagramas unifilares de los talleres de iluminación y electricidad



Tomado de la referencia (29)

Figura15. Diagramas unifilares de los talleres de iluminación y electricidad

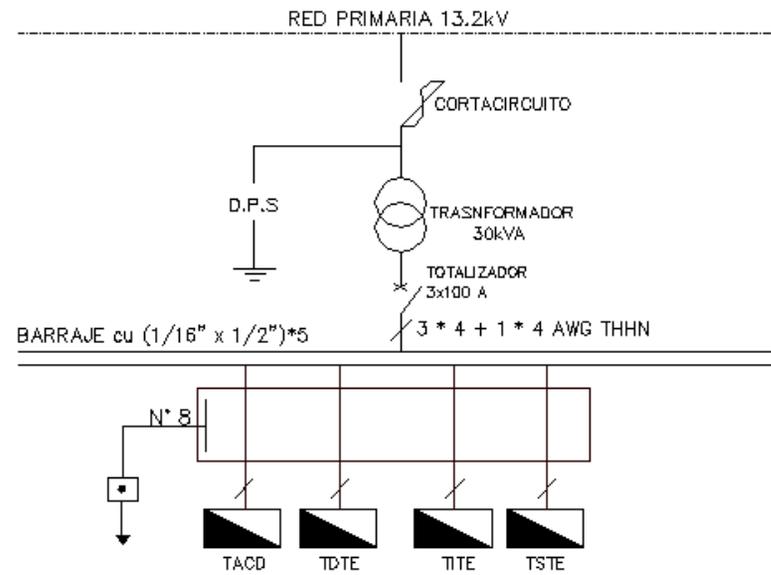
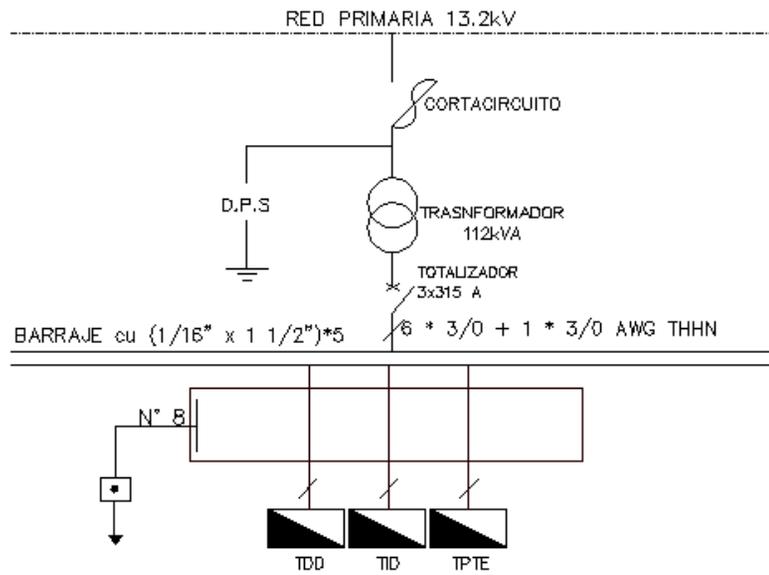


Figura 16. Cuadros de carga talleres de dibujo y electricidad

Tablero principal Taller de Electricidad (TPE)									
circuito	Carga (VA)			Corriente (A)			Proteccion	Calibre	Observaciones
	A	B	C	A	B	C			
1-3-6	23640,0	23640,0	23640,0	197	197	197	3x15	3x10 AWG	Alimentador tablero secundario
2-4-8	34220,0	34220,0	34220,0	118,5	118,5	118,5	3x15	3x10 AWG	6 mesas de trabajo lado derecho
7-9-11	197,4	197,4	197,4	2,05	2,05	2,05	3x15	3x12 AWG	motor
8-10-12	357,2	357,2	357,2	3,71	3,71	3,71	3x15	3x12AWG	motor
20		372		3,1	3,1	0	3x15	3x12AWG	motor
15-16-17	340	340	340	4,5	4,5	3	3x15	3x12AWG	5 tomas monofasicas
14-18-19	300	400	400	2,5	3,33	3,33	3x15	3x12AWG	12 iluminacion incend. oficinas taller
19-21-23	340	360	340	4,5	3	4,5	3x15	3x12AWG	tomas oficinas
22									Reserva
24									Reserva
	39724,6	40086,6	79861,2	335,56	335,19	332,09			

Tablero izquierdo Taller Electricidad (TIE)									
circuito	Tomas	Lamparas	Carga (VA)	Corriente (A)			Proteccion	Calibre	Observaciones
				A	B	C			
1	5	1	1504	12,5			1x15	2x12A W/G	Tomas corredor
3		11	704		3,9		1x15	2x12A W/G	iluminacion sector izquierdo
5						7,5	1x15	12AWG	Fase que alimenta tablero
2				3,5			1x15	12AWG	Fase que alimenta tablero
4					3,2		1x15	12AWG	Fase que alimenta tablero
6									Reserva
			2208	16,0	9,1	7,5			

Tablero salon Taller Electricidad (TSE)									
circuito	Tomas	Lamparas	Carga (VA)	Corriente (A)			Proteccion	Calibre	Observaciones
				A	B	C			
1	2	1	424	3,5			1x15	2x12A W/G	Tomas ciclo raso
3		6	384		3,2		1x15	2x12A W/G	iluminacion salon
5	5		900			7,5	1x15	10A W/G	Tomas
			1708	3,5	3,5	7,5			

Tablero derecho Taller Electricidad (TDE)									
circuito	Tomas	Lamparas	Carga (VA)	Corriente (A)			Proteccion	Calibre	Observaciones
				A	B	C			
1		6	512	4,5			3x15	2x12A W/G	Tomas ciclo raso
3		6	384		3,2		3x15	2x12A W/G	iluminacion salon
2	5		900	7,5			3x15	2x10A W/G	Tomas
4	5		1440		12		3x20	2x12A W/G	Tomas
5		4	288	2,1			3x15	2x12A W/G	iluminacion
6									Reserva
			3492	13,9	15,2				

Tomado de la referencia (29)

Figura 17. Cuadros de carga talleres de dibujo y electricidad

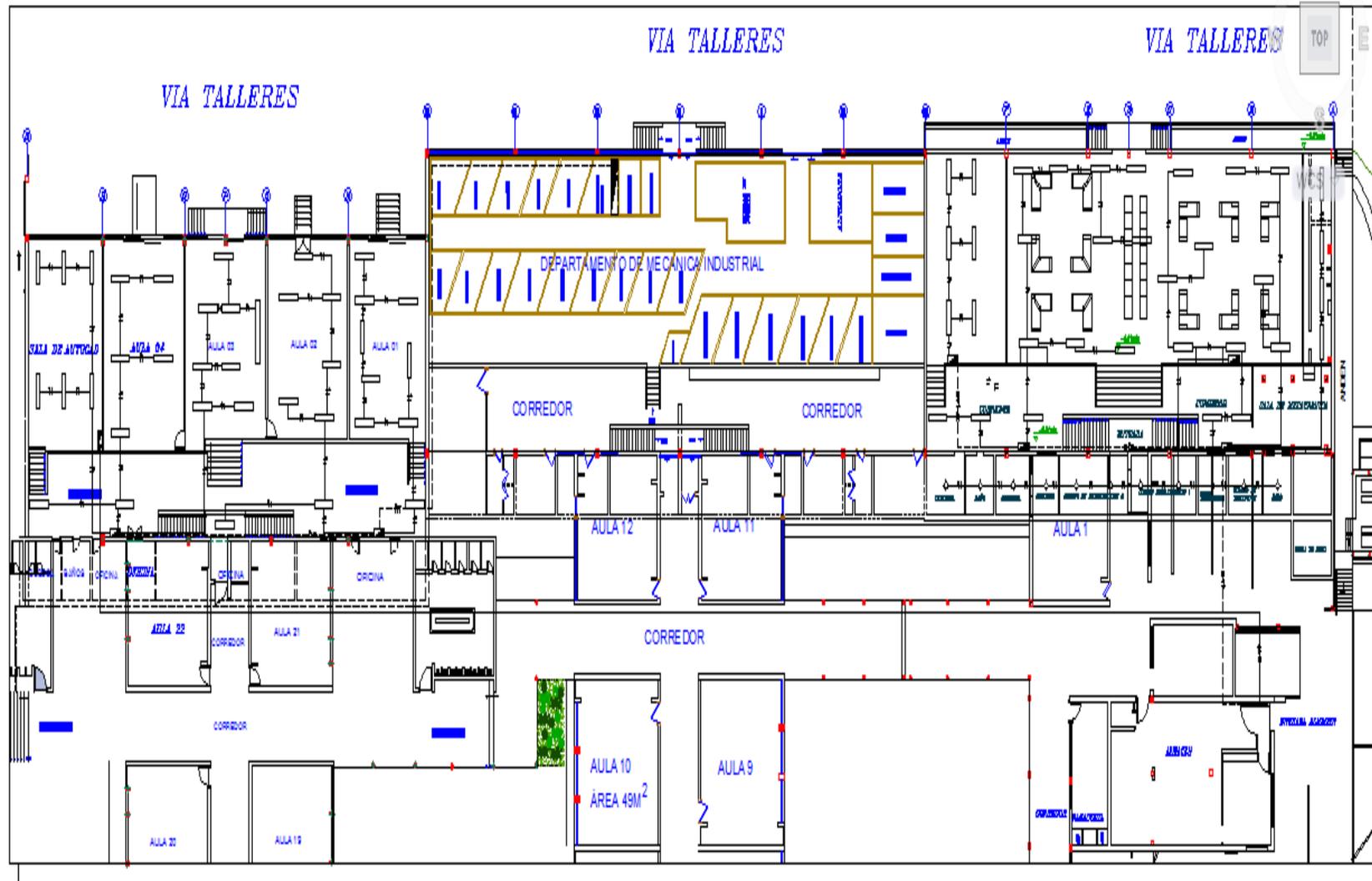
Tablero autotrazado (TACD)										
circuito	Tomas		Lampara	Carga(VA)	Corriente			Proteccion	Calibre	Observaciones
	Monofasico	Trifasico			A	B	C			
2	4			720	6			1x15	Tomas	
4	4			720		6		1x15	Tomas	
6	4			720			6	1x15	Tomas	
8	4			720	6			1x15	Tomas	
10	4			720		6		1x15	Tomas	
12	4			720			6	1x15	Tomas	
13	4			720	6			1x15	Tomas	
15	2			360		3		1x10	ventiladores	
16			6	364			5,2		iluminacion	
1-3-5		2		4525,20	12,000	12,000	12,000	3x10		
7-9-12		2		4525,20	12,000	12,000	12,000	3x15		
				14450,59765	42	39	39,200			

Tablero izquierdo de dibujo alimentado(TID)							
circuito	Tomas	Lampara	Carga (VA)	Corriente (A)	Proteccion	Calibre	Observaciones
1		9	576	4,5	3x15	2x12AWG	Tomas ciclo raso
2		9	576	4,5	3x15	2x12AWG	iluminacion salon
3	4		720	6	3x15	2x12AWG	Tomas

Tablero derecho de dibujo alimentado(TDD)								
circuito	Tomas	iluminacion		Carga (VA)	Corriente (A)	Proteccion	Calibre	Observaciones
		incandescente	lampara					
1			7	448	3,753333333	1x15	2x12AWG	Tomas ciclo raso
2			8	512	4,266666667	1x15	2x12AWG	iluminacion salon
3	6			1080	9	3x15	2x12AWG	Tomas
4	7			1260	10,5	3x15	2x12AWG	Tomas oficinas
5		9		900	7,5	3x15	2x12AWG	iluminacion oficinas
6			6	192	1,6	1x15	2x12AWG	iluminacion oficinas
				4392	36,6			

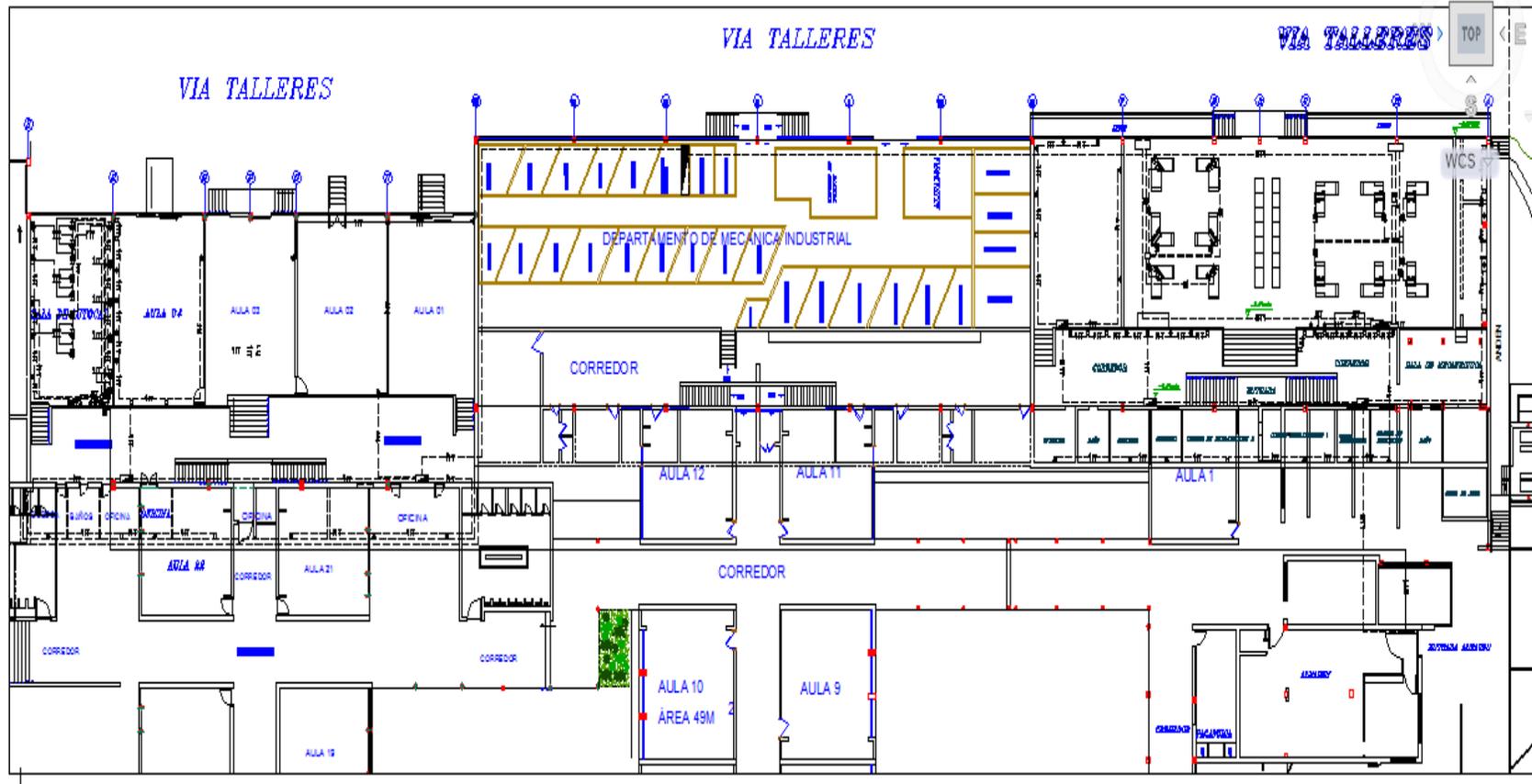
Tomado de la referencia (29)

Figura 18. Plano eléctrico salidas de iluminación de los talleres de electricidad y dibujo



Tomado de la referencia (29)

Figura 19. Plano eléctrico salidas de fuerza de los talleres de electricidad y dibujo



Tomado de la referencia (29)

4.1 DETERMINACIÓN DE LA SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD EN EL PLANTEL

Las señalizaciones de seguridad se encuentran localizadas en las siguientes áreas: Taller de electricidad (tablero principal, armarios eléctricos, accionamiento de motores); Taller de dibujo (tableros principales).

Figura20. Señalización de seguridad



Tomado de la referencia (29)

NOTA: la figura 19 es una señalización de seguridad la cual fue fotografiada del taller de electricidad, donde esté lleva una palabra errónea (voltaje), la cual debería ser reemplazada por tensión.

Figura21. Armario eléctrico Taller electricidad



Tomado de la referencia (29)

Figura22. Armario eléctrico taller de electricidad



Tomado de la referencia (29)

Figura23: Tablero principal Taller de dibujo



Tomado de la referencia (29)

4.2 TOMACORRIENTE

4.2.1 Requisitos de la instalación.

ARTICULO
17.5.1 RETIE
ITEM
Se debe instalar los tomacorrientes de tal forma que el terminal de neutro quede arriba en las instalaciones horizontales.
DIAGNOSTICO
No cumple
OBSERVACIONES
La mayoría de los tomacorrientes instalados no cumplen

Figura24. Toma corriente mal instalado



Tomado de la referencia (29)

4.2.2 Requisitos del producto.

ARTICULO
17.5.2 RETIE
ITEM
Los tomacorrientes deben ser contruidos con materiales que garanticen la permanencia intacta de las características mecánicas, dieléctricas, térmicas y de flamabilidad del producto, sus componentes y accesorios, 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.
DIAGNOSTICO
No cumple
OBSERVACIONES
Muchos de los tomacorrientes instalados no cumplen con los requisitos exigidos por el RETIE debido a su antigüedad

Figura25: Toma corriente en mal estado



Tomado de la referencia (29)

ARTICULO
17.5.2 RETIE
ITEM
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.
DIAGNOSTICO
No cumple
OBSERVACIONES
Ninguna

Figura26: Toma corriente con tapa deteriorada



Tomado de la referencia (29)

4.3 CONDUCTORES EXPUESTOS, DISTANCIAS A LAS TUBERIAS

4.3.1 Requisitos de instalación

ARTICULO
373-5 NTC 2050
ITEM
Los conductores que entren en los armarios o cajas de corte deben estar protegidos contra la abrasión y cumplir con lo establecido en los siguientes apartados. a) Aberturas que se deben cerrar. Las aberturas a través de las que entren conductores, se deben cerrar adecuadamente. b) Armarios y cajas de corte metálicos. Cuando se instalen armarios o cajas de corte metálicos con cables a la vista o cables sobre tubos con aisladores de pared, los conductores deben entrar en ellos a través de pasa cable aislantes o, en los lugares secos, a través de tuberías flexibles que vayan desde el último soporte aislante y estén bien sujetas al armario o caja. c) Cables. Cuando se instalen cables, cada uno de ellos debe ir bien sujeto al armario o caja de corte.
DIAGNOSTICO
No cumple
OBSERVACIONES
Ninguna

Figura27. Conductor Expuesto



Tomado de la referencia (29)

4.4 INTERRUPTORES MANUALES DE BAJA TENSION

4.4.1 Requisitos de instalación

ARTICULO
17.7.1.1 RETIE
ITEM
Los interruptores para control de aparatos deben especificar la corriente y tensión nominal del equipo.
DIAGNOSTICO
Cumple
OBSERVACIONES
Hay varias protecciones pintadas inapropiadamente

Figura28: Especificaciones de corriente y tensión en interruptores



Tomado de la referencia (29)

ARTICULO
17.7.1.1 RETIE
ITEM
Los interruptores se deben instalar en serie con los conductores de la fase.
DIAGNOSTICO
Cumple
OBSERVACIONES
Ninguna

ARTICULO
17.7.1.1 RETIE
ITEM
No debe conectarse un interruptor de uso general en el conductor de puesta a tierra.
DIAGNOSTICO
Cumple
OBSERVACIONES
Ninguna

ARTICULO
17.7.1.1 RETIE
ITEM
La caja metálica que alberga al interruptor debe conectarse sólidamente a tierra.
DIAGNOSTICO
No cumple
OBSERVACIONES
Las cajas metálicas que albergan a los interruptores no están conectadas a tierra

4.4.2 Requisitos del producto

ARTICULO
17.7.1.2 RETIE
ITEM
Los posiciones de encendido y apagado deben estar claramente indicadas en el cuerpo del interruptor.
DIAGNOSTICO
No cumple
OBSERVACIONES
Gran parte de los conductores están pintados y son viejos

Figura29. Posiciones de encendido y apagado del interruptor



Tomado de la referencia (29)

ARTICULO
17.7.1.2 RETIE
ITEM
Los interruptores se deben diseñar y construir de manera que en su utilización normal su funcionamiento sea confiable y libre de peligro para el usuario y para su entorno.
DIAGNOSTICO
Cumple
OBSERVACIONES
Ninguna

Figura30. Interruptores debidamente aislados



Tomado de la referencia (29)

ARTICULO
17.7.1.2 RETIE
ITEM
Los interruptores deben ser construidos con materiales que garanticen la permanencia de las características mecánicas, dieléctricas, térmicas y de flamabilidad del producto, sus componentes y accesorios, de modo que no exista la posibilidad que como resultado del envejecimiento natural del uso normal se presenten alteraciones en su desempeño.
DIAGNOSTICO
Cumple
OBSERVACIONES
Ninguna

Figura31. Interruptores en perfecto estado



Tomado de la referencia (29)

4.5 TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN

4.5.1 Instalación

ARTICULO
373-3 NTC 2050
ITEM
En las paredes de concreto, azulejo u otro material no combustible, los armarios deben instalarse de modo que el borde delantero del mismo no quede metido más de 6 mm por debajo de la superficie de la pared. En las paredes de madera u otro material combustible, los armarios deben quedar a nivel con la superficie o sobresalir de la misma.
DIAGNOSTICO
Cumple
OBSERVACIONES
Ninguna

Figura32.Posición en la pared del tablero



Tomado de la referencia (29)

ARTICULO
373-7 NTC 2050
ITEM
Los armarios y cajas de corte o de paso deben tener espacio suficiente para que quepan holgadamente todos los conductores instalados en ellos.
DIAGNOSTICO
No cumple
OBSERVACIONES
Las cajas de paso y algunos tableros principales no cumplen

Figura33. Espacio insuficiente entre conductores



Tomado de la referencia (29)

ARTICULO
17.9.1 RETIE
ITEM
Los encerramientos de estos tableros deben resistir los efectos de la humedad y la corrosión, conforme a la NTC 1156 o la ASTM 117.
DIAGNOSTICO
Cumple
OBSERVACIONES
Ninguna

ARTICULO
17.9.1 RETIE
ITEM
Todo tablero debe tener su respectivo diagrama unifilar actualizado.
DIAGNOSTICO
No Cumple
OBSERVACIONES
Ningún tablero de los talleres cumple este requisito

4.5.2 Identificación del tablero

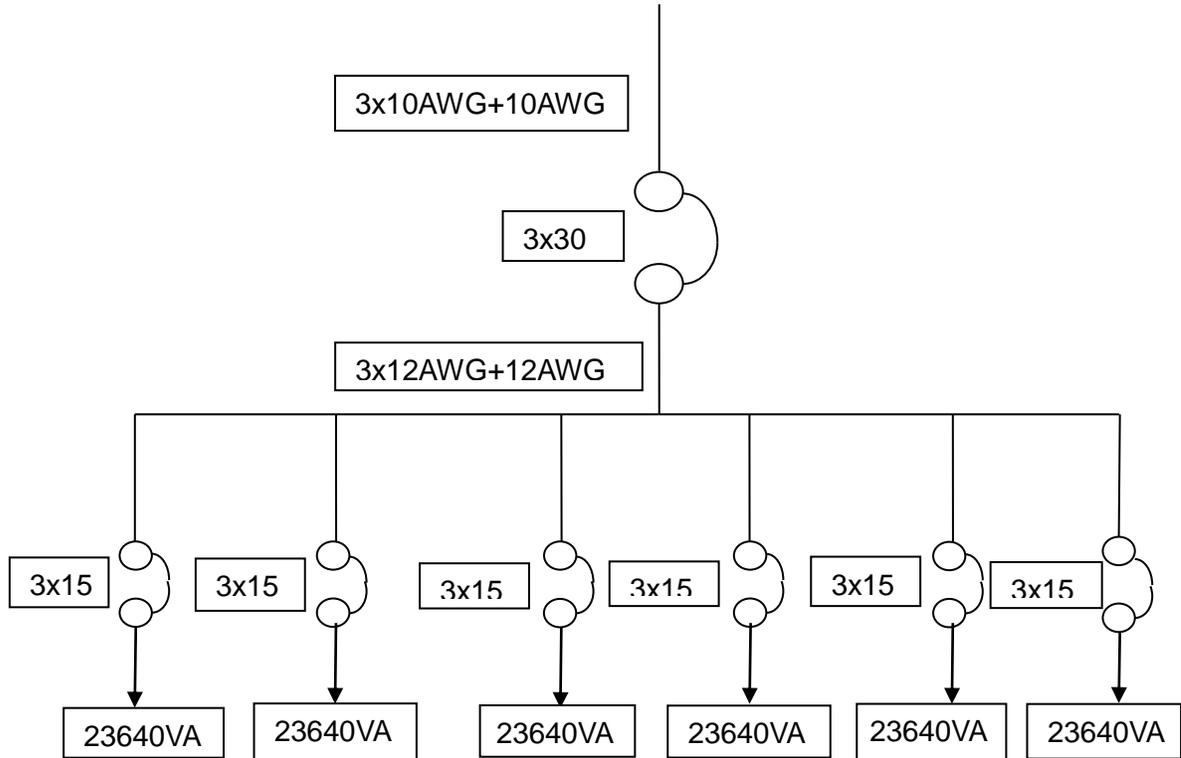
ARTICULO
17.9.1.2 RETIE
ITEM
La instalación del tablero debe tener en cuenta el código de colores establecido en el presente reglamento e identificar cada uno de los circuitos.
DIAGNOSTICO
No Cumple
OBSERVACIONES
Ninguna

ARTICULO
17.9.1.2 RETIE
ITEM
Debe indicarse la tensión de trabajo del tablero y la capacidad de corriente de los barrajes de las fases el neutro y la tierra.
DIAGNOSTICO
No Cumple
OBSERVACIONES
Ninguno de los tableros cumple este requisito

ARTICULO
17.9.1.2 RETIE
ITEM
El tablero debe de tener un barraje para conexión a tierra del alimentador con suficientes terminales de salida para los circuitos derivados
DIAGNOSTICO
No Cumple
OBSERVACIONES
La mayoría de los tableros son viejos y no cuentan con este barraje

ARTICULO
17.9.1.1 RETIE
ITEM
Todas las partes externas del panel ser puestas sólidamente a tierra mediante conductores de protección y sus terminales se deben identificar con el símbolo de puesta a tierra
DIAGNOSTICO
No Cumple
OBSERVACIONES
Ningún tablero en su parte externa conectado a tierra

Figura 34 Diagrama unifilar mesas de electricidad sector izquierdo



La carga instalada es de 23640 VA por banco pero debido a los dispositivos de protección y calibre de cables instalados la potencia demandada máxima que puede ser entregada por cada mesa es de 1200 VA.

Carga demandada = 7200 VA

Carga instalada = (23649 * 6) VA = 158040 VA

$$factor\ de\ demanda = \frac{carga\ demandada}{carga\ instalada} * 100\ %$$

Se obtiene un factor de demanda de 5.07 %, es decir en el momento que todos los bancos estén en funcionamiento.

5. INSPECCIÓN DE ILUMINACIÓN

5.1 BOMBILLAS INCANDESCENTES

En la inspección visual realizada en los talleres de dibujo y electricidad del instituto Técnico no se encontraron instaladas bombillas incandescentes

El uso de bombillas incandescentes va en contra de las normas, ya que están incumpliendo el Decreto 2331 de Junio 22 de 2.007, el cual tiene por objeto la sustitución de todas las bombillas incandescentes por bombillas ahorradoras, específicamente el cambio de luminarias a (LFC) Lámparas Fluorescentes Compactas de alta eficiencia garantizando una eficiencia apreciable con adecuados niveles de iluminación y menor consumo de energía eléctrica, razón por la cual es imperativa dicha exigencia a las edificaciones de las entidades públicas.

En relación con las edificaciones ya construidas, cuyos usuarios sean entidades oficiales de cualquier orden, tuvieron plazo hasta el 31 de diciembre de 2010 para sustituir todas las bombillas incandescentes por bombillas ahorradoras de energía específicamente Lámparas Fluorescentes Compactas (LFC) de alta eficiencia.

5.2 LÁMPARAS TUBULARES FLUORESCENTES

La totalidad de los talleres de electricidad y dibujo se encuentran iluminados con lámparas fluorescentes tipo T2

5.2.1 Lámparas fluorescentes tipo T2

Esta clase de lámparas se encuentran localizadas en el taller de dibujo y en el taller de electricidad

Figura35. Taller de Dibujo



Tomado de la referencia (29)

Figura36. Taller de Electricidad



Tomado de la referencia (29)

a) Eficacia lumínica

En la aplicación del uso racional de energía (URE), las lámparas tipo tubo fluorescente T12 están siendo descontinuadas y reemplazadas por lámparas tipo tubo fluorescente T8 y T5 puesto que cuentan con tecnologías más eficaces y usan menor cantidad de mercurio. Las lámparas T12 que se utilicen no podrán tener eficacias inferiores a las mostradas en la tabla 9

Tabla9. Valores mínimos de eficacia lumínica en tubos fluorescentes. Tomados y adoptados de la Tabla 310.3.1a del RETILAP

TIPO	POTENCIA	EFICACIALUMINOSA (lm/W)
T12 (39mmdediámetro)	>14≤20	55
	>20≤40	70
	>40	75

El tipo de lámpara fluorescente T12 con que cuenta el colegio no cumplen con los valores de eficacia mínima exigidos en la tabla anterior, debido a que estas consumen una potencia de 39 W y entregan 2600lm, dando como resultado una eficacia luminosa de 67 lm/W, estando este valor por debajo del mínimo exigido que es 70lm/W.

b) Vida útil

La vida útil de las lámparas fluorescentes T12 PHILIPS 48T12/ DLP es de10000 horas cumpliendo así con el mínimo de horas exigido por el RETILAP, el cual para bombillas o tubos fluorescentes no debe ser menor a 10000horas.

c) 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).

Figura37. Marcación de la lámpara T12 Philips



Tomado de la referencia (29)

En la figura 35 se observan algunos datos importantes, sin embargo otras características del producto no aparecen tales como: apariencia o Temperatura del color, Índice de Rendimiento del Color (IRC), flujo luminoso (lm).

5.3 LUMINARIAS

5.3.1 Requisitos de instalación

- a) El calentamiento excesivo en luminarias embutidas o tipo bala son la causa de muchos incendios en edificaciones, en la inspección se verificó que en los talleres de dibujo y electricidad no cuentan con este tipo de luminarias a cambio de estas utilizan las luminarias tipo regleta.

Figura38. Lámpara tipo regleta



Tomado de la referencia (29)

- b) Los conductores en las luminarias se encuentran adecuadamente sujetos sin riesgo de que se presenten cortaduras en éstos, de forma que no se ven sometidos a tensiones mecánicas.
- c) Se comprobó que las cubiertas metálicas existentes no presentan ningún signo de oxidación, sin embargo, ninguna de estas tiene algún comprobante de que estén protegidas contra la corrosión.

5.3.2 Requisitos del producto

ARTICULO
320.1
ITEM
Ninguno de los elementos o partes de la luminaria deben presentar, puntos o bordes cortantes
DIAGNOSTICO
No Cumple
OBSERVACIONES

Figura39.Lámparas sin partes cortantes



Tomado de la referencia (29)

5.3.3 Requisitos eléctricos y mecánicos de las luminarias

ARTICULO
320.2
ITEM
Los aparatos de alumbrado no deben tener partes energizadas expuestas normalmente al contacto
DIAGNOSTICO
Cumple
OBSERVACIONES
Ninguna

Figura40.Luminaria sin partes energizadas expuestas al contacto



Tomado de la referencia (29)

ARTICULO
320.4 RETILAP
ITEM
Las luminarias deben ir marcadas en forma directa sobre el cuerpo en una placa metálica exterior de fácil visualización. La marcación debe ser en impreso in deletable o marcación laser
DIAGNOSTICO
No Cumple
OBSERVACIONES
Ninguna

5.4 BALASTOS

5.4.1 Requisitos del producto

- Los balastos y sus superficies de apoyo no alcanzan temperaturas que puedan comprometer la seguridad cumpliendo así lo establecido en el artículo 8.7 de la norma NTC1133 como lo refiere el RETILAP en el artículo 310.3.1 literal d.
- Los balastos de las luminarias, cumplen con el artículo 410-35 de la NTC 2050 donde se establece que todos los aparatos de alumbrado que funcionen con balastos o transformadores deben estar claramente rotulados con sus parámetros eléctricos nominales y el nombre del fabricante, marca comercial u otro medio adecuado de identificación.

Figura41. Rotulado con sus parámetros



Tomado de la referencia (29)

5.4.2 Requisito de instalación

- La instalación es apropiada debido a que los balastos no están expuestos al contacto con materiales combustibles cumpliendo el artículo 410-76 de la NTC 2050.

5.5 MANTENIMIENTO EN INSTALACIONES DE ILUMINACION INTERIOR

Para garantizar en el transcurso del tiempo el mantenimiento de los parámetros luminotécnicos adecuados y la eficiencia energética de la instalación, se deberá elaborar en el proyecto un plan de mantenimiento de las instalaciones de iluminación. Art430.5 RETILAP.

- Las operaciones de reposición de lámparas que son exigidas en el RETILAP no se cumplen. En varios lugares de los talleres de dibujo y electricidad hace falta remplazar lámparas que se han deteriorado, lámparas fuera de servicio, luminaria con tubo dañado, luminaria con ausencia de tubo, afectando así la calidad de la iluminación requerida en el espacio a iluminar.

Figura42. Luminaria fuera de servicio



Tomado de la referencia (29)

Figura43. Luminaria con tubo dañado



Tomado de la referencia (29)

Figura44. Luminaria con ausencia de tubo



Tomado de la referencia (29)

- Aunque con el mantenimiento nunca se restablecen las condiciones iniciales, por cuanto hay factores que son no controlables como la depreciación de la luminaria debido al envejecimiento y a la degradación de sus materiales, la limpieza ayuda a restablecer niveles de iluminancia, en los talleres no existe un plan de mantenimiento en donde se tengan en cuenta la metodología y la periodicidad de la limpieza de las luminarias y de la zona iluminada, como está estipulado en la norma.

6. RESULTADOS

6.1 TIEMPO DE USO DE LAS LUMINARIAS

Los talleres en su totalidad cuentan con un tipo de iluminación T12, la vida útil mínima requerida por el RETILAP para lámparas tubulares fluorescentes es de 10000 horas.

En algunos lugares la instalación eléctrica es muy antigua por lo tanto existen elementos que ya alcanzaron el tiempo de uso requerido por el RETILAP.

6.2 NIVELES DE ILUMINANCIA PROMEDIO MEDIDOS

En la Tabla10 se localizan los talleres de electricidad y dibujo del Instituto Técnico Superior con sus correspondientes niveles de iluminancia promedio, los cuales se obtuvieron de las mediciones de iluminación efectuadas en cada uno de estos lugares.

Tabla10. Características y resultados de las mediciones obtenidas en el primer piso.

Sitio	Iluminancia Promedio (lx)	Ancho (m)	Largo (m)	Núm. medidas	Núm. luminaria	Luminarias malas
Corredor Taller Electricidad	738,4	4,3	25,4	100	5	1
Salón clase Taller Electricidad	677,9	9,85	6,9	63	6	0
Área de trabajo Taller Electricidad	609,0	9,85	18,5	162	1	3
Corredor Taller Dibujo	823,3	4,4	26	100	5	0
Sala de AutoCAD	366,8	10	7	75	6	0
Área de trabajo Taller Dibujo	752,1	10	20	4	1	0

Para observar los resultados de las mediciones y las características de cada lugar dirigirse al ANEXO1.

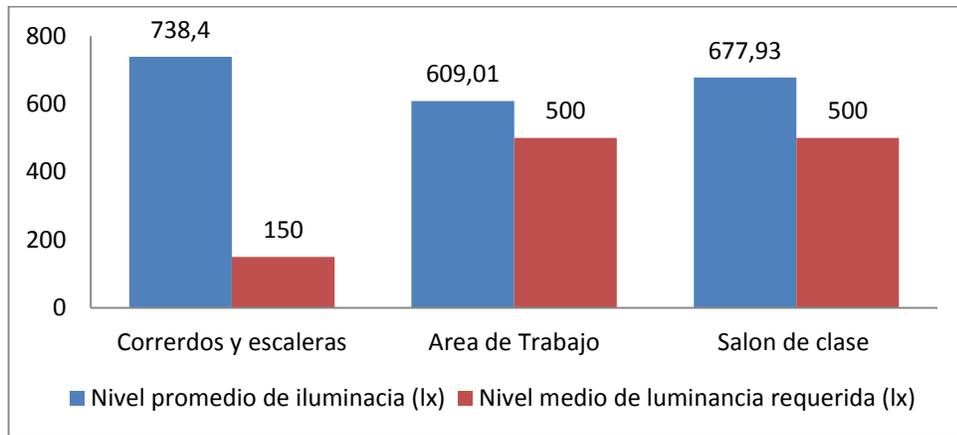
Las siguientes figuras representan los valores promedio de iluminancia obtenidos en los diferentes sitios del colegio y los valores de iluminancia promedio requeridos por el RETILAP.

Nota1: Las mediciones fueron realizadas en horas diurnas, ya que por políticas de la institución la entrada a las instalaciones en horas nocturnas es imposible, por lo tanto los resultados están afectados por un gran porcentaje de luz natural que entran por medio de ventanas y claraboyas.

Nota2:

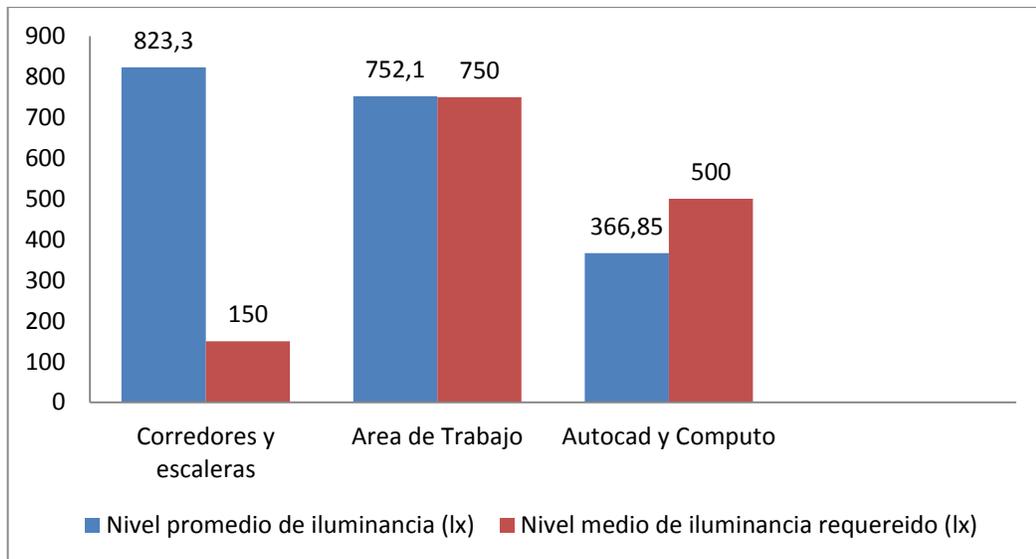
El valor promedio exigido por el RETILAP para el área de trabajo del taller de electricidad es de 500 lx el salón de clase de electricidad 500 lx en corredores y escaleras 150 lx en el área de trabajo del taller de dibujo es de 750lx y en la sala de cómputo y AutoCAD es de 500lx. Como se puede observar en las siguientes graficas en los dos talleres los talleres la zona del corredor y la escalera no cumplen con lo exigido en la norma que tiene un máximo de 200lx, la zona de trabajo del taller de electricidad y el salón de clase de dicho taller cumplen con la norma estando por encima del valor medio de diseño. En el taller de dibujo el área de trabajo cumple con la norma al igual que la sala de cómputo y AutoCAD.

Figura45. Resultados de la iluminancia promedio Taller de Electricidad



Tomado de la referencia (29)

Figura46. Resultados de iluminancia promedio Taller de dibujo



Tomado de la referencia (29)

6.3 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS LUGARES DE TRABAJO

6.3.1 Taller de electricidad

El Taller de electricidad cuenta con 31 luminarias x32WT12 marca Philips, en su totalidad se encuentran sucias y su distribución no sigue ninguna simetría. Las paredes son de color blanco, las baldosas son blancas con parches negros, el piso del corredor es distinto al resto de taller, este es un mortero color rojo el lugar cuenta con 8 claraboyas y con suficientes ventanales para el aprovechamiento de la luz natural. La iluminación promedio medida cumple con los requisitos establecidos por el RETILAP.

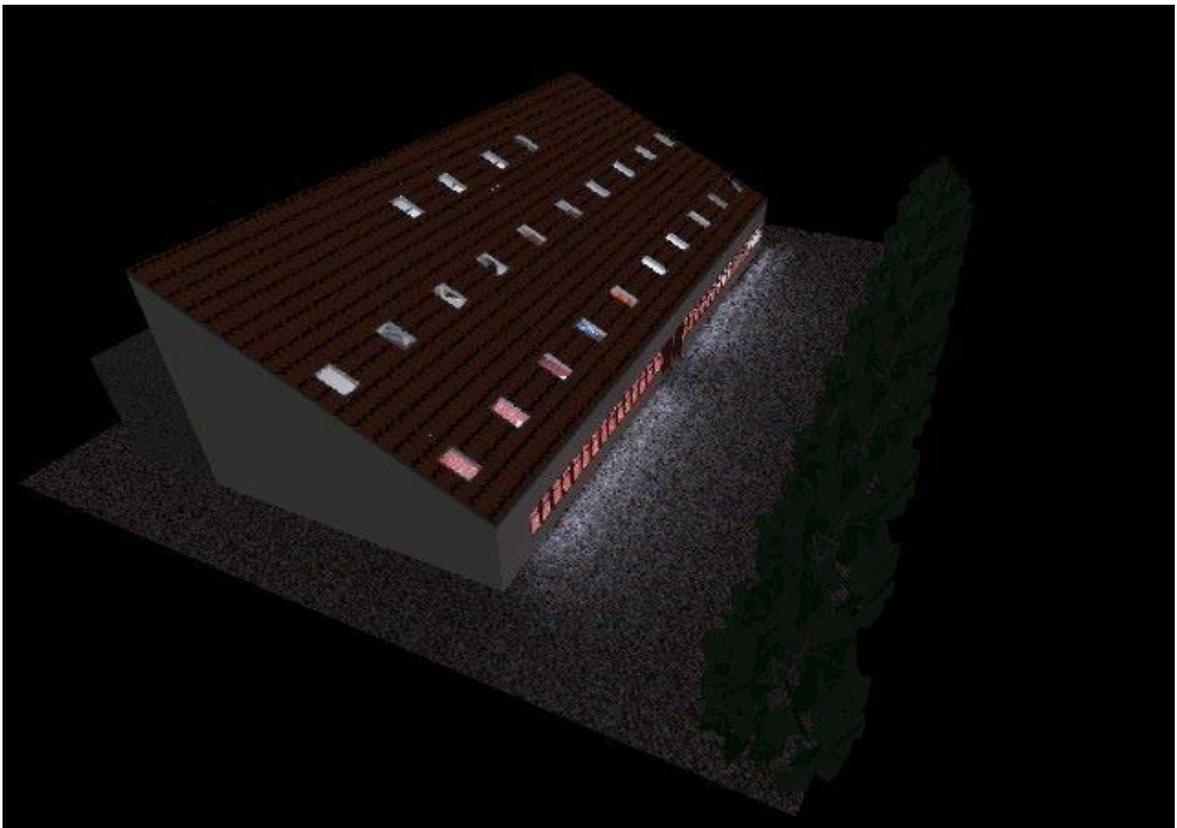
Taller de dibujo: El taller de dibujo cuenta con 38 luminarias x32WT12 marca Philips en su totalidad se encuentran sucias y su distribución no sigue ninguna simetría, Las paredes se encuentran pintadas en dos partes una parte gris y otra blanca, las baldosas son blancas con parches negros, el lugar cuenta con 8 tragaluces y suficientes ventanales para el aprovechamiento de la luz natural.

El taller de dibujo se divide en varias zonas de estudio, un salón de cómputo el cual es la sala de AutoCAD y 4 salones de clase especializados para el dibujo técnico.

7. DISEÑO DE ILUMINACIÓN DE LOS TALLERES DE DIBUJO Y ELECTRICIDAD

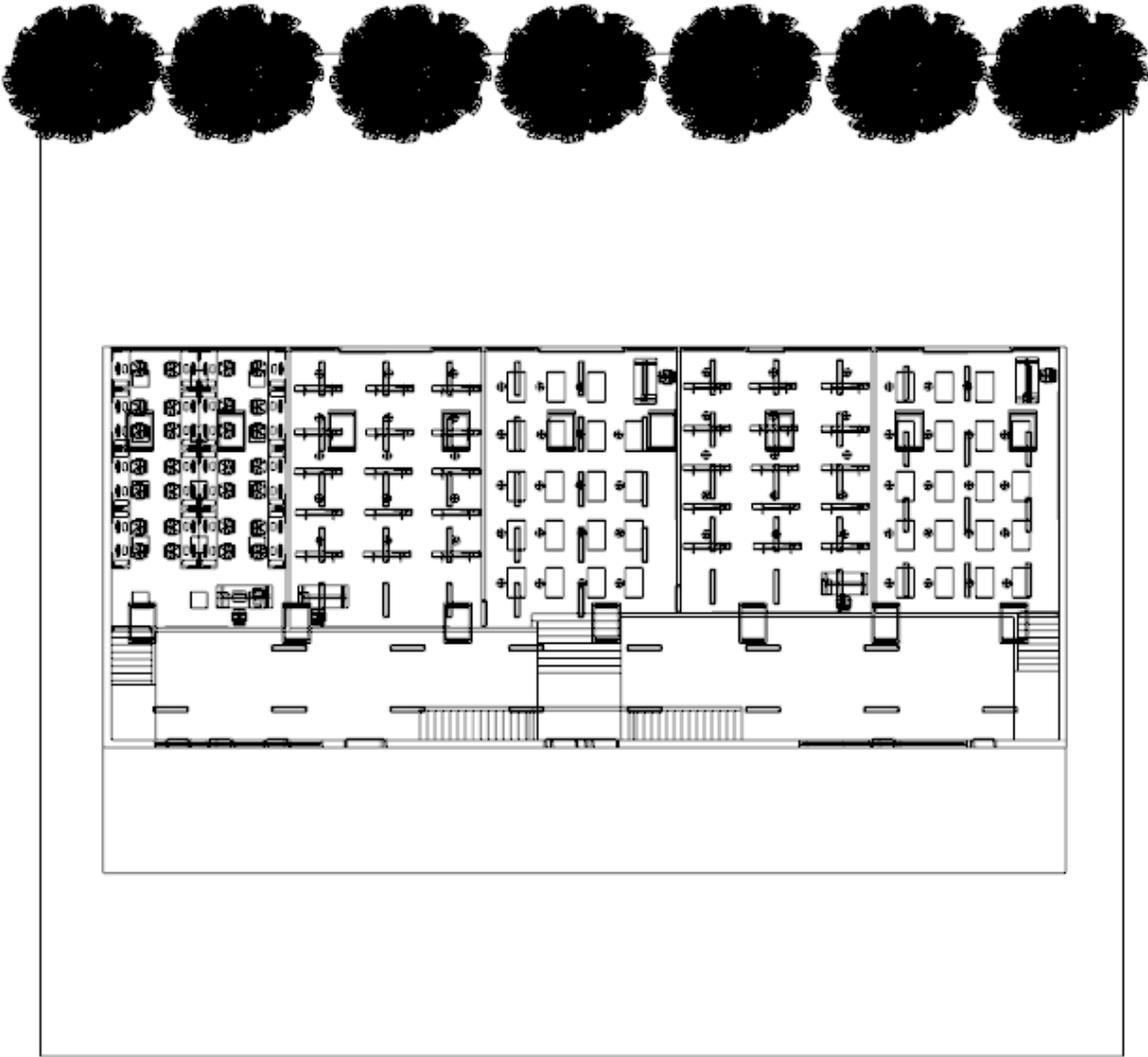
Mediante el software de simulación DIALux, el cual utiliza una metodología tipo lumen, se realizó una propuesta para el mejoramiento de la iluminación de los talleres de dibujo y electricidad del Instituto Técnico Superior, ya que el diseño actual está obsoleto y sus niveles de iluminación los cuales son importantes para el buen desarrollo de las actividades a realizar, depende en mayoría al aporte realizado por la luz natural, obteniendo así una iluminación inestable y deficiente para las horas de la noche o para los días en los cuales el aporte de luz natural es poco.

Figura 47. Vista periférica del taller de dibujo simulado en DIALux



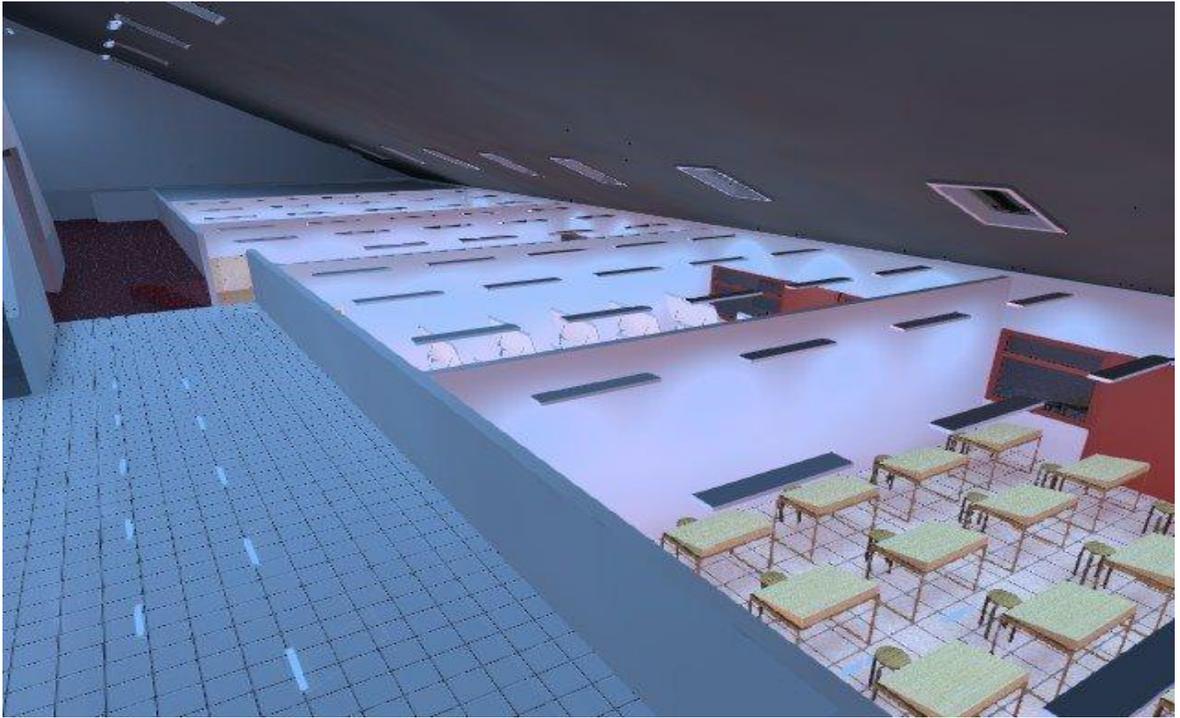
Tomado de la referencia (29)

Figura 48. Vista en planta taller de dibujo simulado de DIALux



Tomado de la referencia (29)

Figura 49. Vista interior del taller de dibujo simulado en DIALux



Tomado de la referencia (29)

Figura 50. Vista del salón de AutoCAD simulado en DIALux



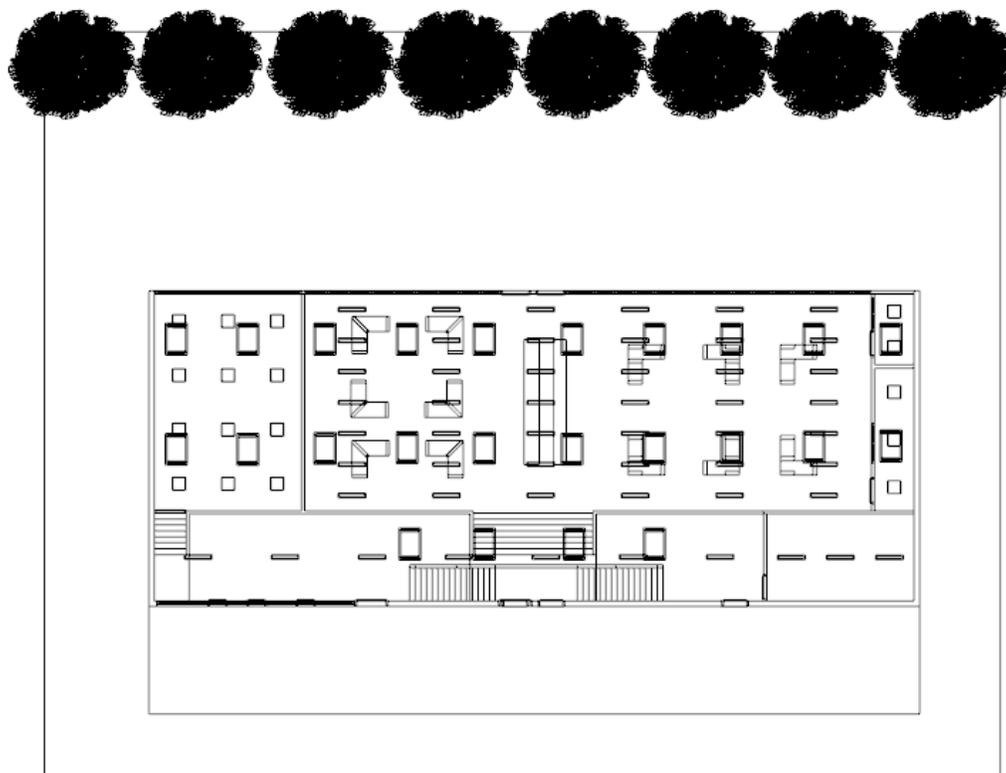
Tomado de la referencia 29

Figura 51. Vista periférica del taller de Electricidad simulado en DIALux



Tomado de la referencia (29)

Figura 52. Vista en planta taller de electricidad simulado en DIALux



Tomado de la referencia (29)

Figura 53. Vista interior del taller de electricidad simulado en DIALux



Tomado de la referencia (29)

8. CONCLUSIONES

- El colegio no cuenta con plano eléctrico, lo cual complico el desarrollo del proyecto a esto se le suma la poca disponibilidad en el colegio para manipular los tableros de conexiones y así identificar plenamente los circuitos.
- El taller de electricidad y el taller de dibujo cuentan con ventanales a ambos lados de cada taller lo suficientemente amplios para el aprovechamiento de la luz natural.
- El mal estado de las redes eléctricas y el sistema de iluminación se debe a la falta de mantenimiento tanto preventivo como correctivo.
- Con este trabajo se ampliaron los conocimientos adquiridos en la carrera a cerca de las normas y reglamentos (NTC2050, RETIE y RETILAP).
- Desde el 31 de diciembre del 2010 las luminarias tipo T12 existentes en la institución deberían de haber sido remplazadas por las tipo T8 y T5 que cuentan con tecnología más eficiente, estos cambios hasta la fecha no se han realizado.

9. RECOMENDACIONES

- En los corredores y zonas de trabajo de ambos talleres es necesario reemplazar las lámparas que no funcionan y poner las lámparas faltantes en las luminarias que se encuentran incompletas.
- Para que se prolongue la vida de los equipos y evitar posibles accidentes de origen eléctrico se debe realizar un mantenimiento periódico a todos los dispositivos de la red eléctrica.
- Los elementos que se encuentren con sus carcasas o tapas deterioradas deben de ser remplazados de tal forma que se limite el riesgo eléctrico.
- Con el fin de una fácil identificación para realizar mantenimientos se sugiere el código de colores estipulado en el RETIE, o la marcación en partes visibles de la instalación eléctrica.
- Se deben cambiar las luminarias tipo T12 por luminarias tipo T5 o T8 ya que la ley 697 de 2001 en los Decretos 070 de 2001, lo exige.
- Se debe realizar el mantenimiento preventivo de la red eléctrica de los talleres para el buen funcionamiento de estos.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. **MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, COLOMBIA.** *Resolución 181294 (6, agosto, 2008). Reglamento técnico de instalaciones eléctricas-RETIE.* Bogotá : s.n., El Ministerio, 2008.
2. **COLOMBIA, MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA.** *Resolución 180540 (30, Marzo, 2010). Por la cual se expide el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público-RETILAP y se dictan otras disposiciones.* Bogotá : s.n., El Ministerio, 2010 .
3. **es.scribd.com.** Diagrama unifilar. [En línea] [Citado el: 8 de Abril de 2013.] <http://es.scribd.com/doc/98555996/Diagrama-unifilar>.
4. **Palmer, Jim.** [fing.edu.uy](http://www.fing.edu.uy). [En línea] [Citado el: 8 de Abril de 2013.] www.fing.edu.uy/if/cursos/intr_optica/Material/lux_wikipedia.pdf.
5. **CÓDIGO ELECTRICO CHILENO.** www.constructorcivil.org. [En línea] [Citado el: 8 de Abril de 2013.] <http://www.constructorcivil.org/2010/01/definicion-basica-de-tablero-electrico.html>.
6. **webdelprofesor.ula.ve.** [En línea] [Citado el: 8 de Abril de 2013.] http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/Inelson/materias/instalaciones_electricas/tema_1/instalacion_electrica__tema_1.pdf.
7. **ARGEL GARCÍA, Alfredo.** <http://www.sec.cl/>. [En línea] [Citado el: 22 de octubre de 2013.] http://www.sec.cl/pls/portal/docs/PAGE/SECNORMATIVA/electricidad_norma4/alumbrado.pdf.
8. **es.scribd.com.** manual de inspeccion electrica. [En línea] [Citado el: 8 de Abril de 2013.] <http://es.scribd.com/doc/27058877/Nfpa-manual-de-Inspeccion-Elctrica>.
9. **www.google.com.co.** [En línea] [Citado el: 8 de Abril de 2013.] <http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CC4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ingenieroambiental.com%2F%3Fpagina%3D1654&ei=Wym2UJ7WMY2E8ATTooG4Cw&usq=AFQjCNGAcfi19PChTLv6l3GhgJO-HK0mhw>.
10. **www.voltimum.com.co.** [En línea] [Citado el: 8 de Abril de 2013.] <http://www.voltimum.com.co/noticia/donde-realizar-empalmes-correctamente>.
11. **www.procobre.org.** [En línea] [Citado el: 8 de Abril de 2013.] http://www.procobre.org/archivos/pdf/download_biblioteca/MX/junio/conductores/unidad3.pdf.
12. **bricolaje.facilisimo.com.** [En línea] [Citado el: 8 de Abril de 2013.] http://bricolaje.facilisimo.com/reportajes/electricidad/domotica/iluminar-diseno-espacio-y-material_183536.html.
13. **LÓPEZ TOLEDO, Máximo.** https://www.osha.gov/dte/grant_materials/fy09/sh-19492-09/seguridad_con_la_electricidad.pdf. [En línea] [Citado el: 8 de Abril de 2013.] [https://www.osha.gov/dte/grant_materials/fy09/sh-19492-](https://www.osha.gov/dte/grant_materials/fy09/sh-19492-09/seguridad_con_la_electricidad.pdf)

09/seguridad_con_la_electricidad.pdf.

14.

<http://www.sura.com/RiesgoAISeguro/PDF/5%20RIESGO%20ELECTRICO%20Y%20RETIE.pdf>. [En línea] [Citado el: 8 de Abril de 2013.]

<http://www.sura.com/RiesgoAISeguro/PDF/5%20RIESGO%20ELECTRICO%20Y%20RETIE.pdf>.

15. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. *CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO. NTC-2050*. Bogotá : s.n., El Instituto, 1998.

16. http://www.spri.upv.es/IOP_ELEC_04.htm. [En línea] [Citado el: 8 de Abril de 2013.] http://www.spri.upv.es/IOP_ELEC_04.htm.

17. monografias.com. [En línea] [Citado el: 08 de 04 de 2013.] <http://www.monografias.com/trabajos67/seguridad-laboratorio-pozo-tierra/image053.gif>.

18. prof.usb.ve/jaller/Tesis_Doctoral/1_Introduccion.pdf. [En línea] http://prof.usb.ve/jaller/Tesis_Doctoral/1_Introduccion.pdf.

19. www.virtual.unal.edu.co Instalaciones electricas I. [En línea] [Citado el: 8 de Abril de 2013.] <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4040007/lecciones/cap11-2.htm>.

20. <http://www.protergia.com/>. [En línea] <http://www.protergia.com/Personalized/Images/SitelImage/IdSitelImage=126.jpg>.

21. <http://www.ecured.cu/>. [En línea] http://www.ecured.cu/index.php/Sistemas_de_puesta_a_tierra.

22. www.epm.com.co. [En línea] [Citado el: 21 de octubre de 2013.] <http://sistemapuestatierra.blogspot.com/2009/07/objetivos-de-un-sistema-de-puesta.html>.

23. <http://www.erc.com>. [En línea] [Citado el: 21 de octubre de 2013.] http://www.erc.com/download/data/30_media/25_guide_pdf/130_es/es_erc_guide_3_indoor_lighting.pdf.

24. <http://www.idaan.gob.pa/>. [En línea] [Citado el: 22 de octubre de 2013.] <http://www.idaan.gob.pa/PDF/NORMAS%20DEL%20IDAAN%20MODIFICADA%20II-31-3-06-ORIGINAL1.pdf>.

25. RAITELLI, Mario. [edutecne.utn.edu.ar](http://www.edutecne.utn.edu.ar). [En línea] [Citado el: 22 de octubre de 2013.] <http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap08.pdf>.

26. www.alcaldiabogota.gov.co. [En línea] [Citado el: 23 de octubre de 2013.] http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/adminverblobawa?tabla=T_NORMA_ARCHIVO&p_NORMFIL_ID=431&f_NORMFIL_FILE=X&inputfileext=NORMFIL_FILENAME.

27. <http://www.igvs.es/>. [En línea] [Citado el: 28 de octubre de 2013.] http://www.igvs.es/ipecos-opencms-portlet/export/sites/default/PortalVivenda/Biblioteca/Codigo_Tecnico_Edificacion/HE3_-_Eficiencia_Enerxxtica_das_Instalacixns_de_Iluminacixn.pdf.

28. <http://www.pce-instruments.com/>. [En línea] [Citado el: 28 de octubre de

2013.] http://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-de-medida/medidor/luxometro-kat_70071_1.htm.

29. Mateo Cardona, Daniel Arturo Restrepo. *Instituto Tecnico Superior Talleres de Electricidad y Dibujo*. Colombia, 18 de 11 de 2013. Fotografía.