

**IMPLEMENTACIÓN DE ILUMINACIÓN CON LEDS  
BLOQUE 4D MÁQUINAS I AULA 201  
I.U.P.B.**

**CAMILO ZAPATA ZAPATA  
JOHAN SEBASTIAN GOMEZ JIMÉNEZ  
EZEQUIEL PEREZ MEJIA**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
TECNOLOGÍA ELÉCTRICA  
MEDELLÍN  
2013**

**IMPLEMENTACIÓN DE ILUMINACIÓN CON LEDS  
BLOQUE 4D MÁQUINAS I AULA 201  
I.U.P.B.**

**CAMILO ZAPATA ZAPATA  
JOHAN SEBASTIAN GOMEZ JIMÉNEZ  
EZEQUIEL PEREZ MEJIA**

**Trabajo de grado para optar por el título  
de Tecnólogo Eléctrico**

**ASESOR INTERNO  
RODRIGO RUEDA GARCÍA  
Ingeniero Electromecánico**

**ASESOR INTERNO  
JUAN FEDERICO VILLA  
Ingeniero Electricista**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
TECNOLOGÍA ELÉCTRICA  
MEDELLÍN  
2013**

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma del Presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del jurado

**Medellín, fecha**

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero y antes que nada, queremos dar gracias a Dios, a nuestras familias que sacrificaron parte de su tiempo para apoyarnos con este proceso.

Agradecemos a nuestros profesores por su disposición y ayuda brindada, especialmente Rodrigo Rueda y Juan Federico Villa, que con su gran conocimiento aportaron en nuestro aprendizaje y que esto a su vez nos servirá en nuestro desempeño profesional y personal.

## CONTENIDO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....   | <b>9</b>  |
| <b>1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b> .....   | <b>11</b> |
| <b>1.1. ILUMINACIÓN DEL SALON DE MÁQUINAS I CON LEDS</b> .....  | <b>11</b> |
| <b>1.1.1. Formulación</b> .....   | <b>11</b> |
| <b>2. JUSTIFICACIÓN</b> .....   | <b>13</b> |
| <b>3. OBJETIVOS</b> .....   | <b>14</b> |
| <b>3.1. OBJETIVO GENERAL</b> .....  | <b>14</b> |
| <b>3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....   | <b>14</b> |
| <b>4. MARCO CONCEPTUAL</b> .....  | <b>15</b> |
| <b>4.1. BASES TEÓRICAS</b> .....  | <b>15</b> |
| <b>4.1.1. Historia de los Leds</b> .....  | <b>15</b> |
| <b>4.2. PRODUCTOS DE ILUMINACIÓN LED´S</b> .....  | <b>16</b> |
| <b>4.3. CARACTERÍSTICAS:</b> .....  | <b>18</b> |
| <b>4.4. BENEFICIOS DE LA ILUMINACIÓN LED´S</b> .....  | <b>18</b> |
| <b>4.5. HISTORIA DE DIALUX</b> .....  | <b>19</b> |
| <b>4.6. ORIGEN DE LA LUZ</b> .....  | <b>19</b> |
| <b>4.6.1. Lámparas Fluorescentes</b> .....  | <b>20</b> |
| <b>4.6.2. Cuantización de la energía</b> .....  | <b>21</b> |
| <b>4.6.3. Fuentes de luz</b> .....  | <b>21</b> |
| <b>4.7. EFECTOS DE LA LUZ ARTIFICIAL SOBRE LA SALUD</b> .....   | <b>22</b> |
| <b>4.7.1. Cómo funcionan las lámparas</b> .....   | <b>22</b> |
| <b>4.7.2. ¿Cómo afecta la luz a los organismos vivos?</b> .....   | <b>23</b> |
| <b>4.7.3. ¿Qué efectos sobre la salud se han observado?</b> .....   | <b>24</b> |
| <b>4.7.4. ¿Cuáles son los efectos en personas que sufren enfermedades que les hacen sensibles a la luz?</b> ..... | <b>24</b> |
| <b>4.7.5. ¿Existen riesgos potenciales para la salud vinculados al alumbrado artificial?</b> .....                | <b>25</b> |
| <b>4.8. MÉTODO DE CAVIDADES ZONALES</b> .....   | <b>26</b> |
| <b>4.8.1. Cálculos Para iluminación Interior</b> .....  | <b>26</b> |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 4.8.2.  | Método del coeficiente de utilización de la instalación (CU). | 26 |
| 4.8.3.  | Índices de las cavidades.                                     | 29 |
| 4.8.4.  | Calculo de circuitos ramales                                  | 30 |
| 4.8.5.  | Cargas permisibles.   | 30 |
| 4.8.6.  | Requisitos de los circuitos ramales - resumen.                | 31 |
| 4.8.7.  | Circuitos ramales para zonas comunes.                         | 31 |
| 5.      | METODOLOGIA   | 33 |
| 5.1.    | TIPO DE INVESTIGACIÓN   | 33 |
| 5.2.    | ETAPAS DEL PROYECTO   | 33 |
| 6.      | RESULTADOS  | 34 |
| 6.1.    | TUBERIA EMT   | 34 |
| 6.2.    | VENTAJAS DE LA TUBERIA EMT                                    | 34 |
| 6.3.    | PRESENTACIONES TUBERIA EMT                                    | 35 |
| 6.4.    | CONDUCTORES.  | 35 |
| 6.5.    | DIAMETROS DEL CONDUCTOR                                       | 36 |
| 6.6.    | PROTECCIONES  | 37 |
| 6.6.1.  | Cortacircuitos fusibles de baja tensión                       | 37 |
| 6.6.2.  | Interruptores magnéticos                                      | 38 |
| 6.6.3.  | Interruptores térmicos  | 38 |
| 6.6.4.  | Interruptores magneto-térmicos                                | 38 |
| 6.6.5.  | Relés térmicos bimetálicos                                    | 39 |
| 6.7.    | TABLERO DE DISTRIBUCION                                       | 39 |
| 6.8.    | RETIE RESOLUCIÓN NO. 18 1294 AGOSTO 06 DE 2008                | 40 |
| 6.8.1.  | Capítulo 1 Artículo 3 Definiciones.                           | 40 |
| 6.9.    | MEMORIAS DE CÁLCULOS  | 40 |
| 6.9.1.  | Calculo de la tubería.  | 40 |
| 6.9.2.  | Calculo del conductor   | 40 |
| 6.10.   | CALCULO DE PROTECCION   | 41 |
| 6.11.   | MANTENIMIENTO   | 41 |
| 6.11.1. | Cálculo del factor de mantenimiento                           | 41 |

|          |   |    |
|----------|---|----|
| 6.11.2.  | Variaciones abruptas de la tensión: .....   | 41 |
| 6.11.3.  | Depreciación de la luminaria por envejecimiento y degradación de sus materiales:..... | 42 |
| 6.11.4.  | Variación de las características de reflexión de la calzada (FR): .....               | 42 |
| 6.11.5.  | Depreciación del flujo luminoso de la bombilla (DLB) .....                            | 42 |
| 6.11.6.  | Factor reemplazo de bombillas (R) .....   | 43 |
| 6.11.7.  | Depreciación por ensuciamiento (Factor de ensuciamiento).....                         | 44 |
| 6.11.8.  | Mantenimiento preventivo.....   | 45 |
| 6.11.9.  | Reemplazos masivos de bombillas. ....   | 45 |
| 6.11.10. | Operaciones de limpieza de luminarias y soportes .....                                | 46 |
| 6.11.11. | Mantenimiento correctivo (RETILAP) .....  | 46 |
| 6.12.    | CÁLCULOS DE INTENSIDAD LUMÍNICA.....  | 47 |
| 6.13.    | TENDENCIAS DE LOS LED .....   | 49 |
| 6.13.1.  | Diseño de una luminaria biodinámica .....   | 49 |
| 6.13.2.  | Flexible tube led.....  | 50 |
| 7.       | CONCLUSIONES.....   | 51 |
| 8.       | RECOMENDACIONES .....   | 52 |
|          | BIBLIOGRAFÍA .....  | 53 |
|          | CIBERGRAFÍA .....   | 54 |
|          | ANEXOS.....   | 55 |

## LISTA DE FIGURAS, CUADROS E IMÁGENES

|   |                                |
|---|--------------------------------|
| <b><u>Imagen 1. Tipo de luminarias led para exterior</u></b> .....  | 16                             |
| <b><u>Imagen 2. Alumbrado público tipo led</u></b> .....  | 17                             |
| <b><u>Imagen 3. Iluminación interior tipo led.</u></b> .....  | 17                             |
| <b><u>Imagen 4. Lámpara fluorescente.</u></b> .....   | 20                             |
| <b><u>Figura 1. Distribución del flujo luminoso emitido por las bombillas.</u></b> .....                                  | 27                             |
| <b><u>Figura 2. Efecto del diseño de la luminaria en el Coeficiente de utilización (CU) para un local dado.</u></b> ..... | 28                             |
| <b><u>Figura 3. Distancias y cavidades para aplicación del método del Coeficiente de local</u></b> .....                  | 29                             |
| <b><u>Cuadro 1. Resumen de requisitos de los circuitos derivados.</u></b> .....   | 313                            |
| <b><u>Imagen 5. Tubería EMT</u></b> .....   | ¡Error! Marcador no definido.5 |
| <b><u>Imagen 6. Conductor rígido</u></b> .....  | ¡Error! Marcador no definido.6 |
| <b><u>Imagen 7 Conductor trenzado</u></b> .....   | ¡Error! Marcador no definido.6 |
| <b><u>Imagen 9. Protecciones</u></b> .....  | 39                             |

## TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <u>Tabla 1 Conductores</u> .....  | 37 |
| <u>Tabla 2 Resultado de luxes inicial en máquinas 1 aula 201</u> .....  | 48 |
| <u>Tabla 3 Resultado de luxes actuales en máquinas 1 aula 201</u> ..... | 48 |

## INTRODUCCIÓN

El presente documento está enmarcado en la realización del proyecto **'ILUMINACIÓN DE AULA 201 DE MÁQUINAS I BLOQUE 4D CON LEDS'** correspondiente al proyecto de grado de la Institución Universitaria Pascual Bravo, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Afines año 2013.

Mediante este proyecto queremos resaltar la importancia de la implementación de nuevas tecnologías en cuanto a iluminación de aulas en instituciones educativas, fomentando la cultura del ahorro y la eficiencia energética en pos de salvaguardar nuestros medio ambientales lo que a su vez disminuirá los efectos nocivos que trae para la salud visual y física de quienes están constantemente expuestos a sistemas de iluminación inadecuados y en cumplimiento del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP, que es de obligatorio cumplimiento; también cabe mencionar la importancia de los sistemas de iluminación Led en un sano proceso de aprendizaje que muchas veces se ve truncado por factores salud visual ocasionadas por tan bajos niveles de iluminación.

Para llevar a cabo nuestro proyecto se plantearon 3 etapas; el proceso comienza con el levantamiento de información del aula, luego acudimos al software Dialux como apoyo para realizar el diseño de acuerdo a las diferentes alternativas y por último la implementación del sistema de iluminación rigiéndonos según lo dispuesto por el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP) en el capítulo 4 diseños y cálculos de iluminación interior, sección 420 requisitos específicos de iluminación interior numeral 1.2 alumbrado en instituciones educativas, salas de lectura y auditorios.

La metodología en la que se estructuro nuestro proyecto, es la investigación aplicada que se basa en la aplicación, utilización y consecuencias prácticas de los conocimientos, por esto tiene un estrecho vínculo con la investigación básica pues depende de sus descubrimientos y avances, por lo tanto, nuestra metodología se centra en la aplicación de los cursos teóricos obtenidos en nuestro proceso de aprendizaje, para poder realizar el diseño y el montaje adecuado según las necesidades para la solución del problema.

Este documento pretende ser una guía para la persona que desee tomar referencia del diseño y montaje de un sistema adecuado de iluminación para necesidades específicas o similares, así mismo se espera que dicha persona cuente con ciertos conocimientos electrotecnia básica.

# 1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

## 1.1. ILUMINACIÓN DEL SALON DE MÁQUINAS I CON LEDS

### 1.1.1. Formulación

Para la Institución Universitaria Pascual Bravo ubicada en la Calle 73 No.73 A 226 Barrio Robledo, Medellín - Antioquia, es de suma importancia tanto la calidad académica, como el bienestar de los alumnos en sus aulas de clase, se pretende implementar un sistema de iluminación eficiente y eficiente con el fin de fortalecer en la institución nuevas formas de iluminación que cumplan con lo requerido en el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP) que reza textualmente “ **410.1 NIVELES DE ILUMINACIÓN O ILUMINANCIAS Y DISTRIBUCIÓN DE LUMINANCIAS.**

**a) Niveles de Iluminancia.** *En lugares de trabajo se debe asegurar el cumplimiento de los niveles de iluminancia de la Tabla 440.1, de RETILAP adaptados de la norma ISO 8995 “Principles of visual ergonomics–Thelighting of indoorwork systems”. .*

*El valor medio de iluminancia, relacionado en la citada tabla, debe considerarse como el objetivo de diseño y por lo tanto esta será la referencia para la medición en la recepción de un proyecto de iluminación.*

*En ningún momento durante la vida útil del proyecto la iluminancia promedio podrá ser superior al valor máximo o inferior al valor mínimo establecido en la Tabla 410.1. En la misma tabla se encuentran los valores máximos permitidos para el deslumbramiento (UGR).” Según lo dispuesto por la tabla 410.1 “Tabla 410.1 Índice UGR máximo y Niveles de iluminancia exigibles para diferentes áreas y actividades Fuente para UGR, Norma UNE EN 12464-1 de 2003.” los salones de clase deben contar como mínimo con 300LX y máximo 750LX.*

En estos momentos la institución cuenta con una población estudiantil con doble jornada, que comprende horarios diurnos y nocturnos e implementando programas como lo son la ingeniería eléctrica, industrial y mecánica; esto sugiere realizar un análisis del sistema de iluminación eléctrica en sus aulas de clase y efectuar mejoras en este.

Con este proyecto de iluminación mediante luminarias con lámparas LEDs se planea modificar la iluminación del laboratorio de máquinas I bloque 4D aula 201 y mejorar aspectos críticos como son el ambiente (calor), la visibilidad de los estudiantes que asisten a clases y ahorro de energía.

En la actualidad el aula de clase cuenta con una deficiencia de 4 lámparas de las cuales solo 3 están proporcionando el servicio de iluminación, las cuales no alcanzan a suministrar los luxes exigidos por el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP) que actualmente se encuentra de 74,1 luxes por metro cuadrado, además de esto el espacio es muy reducido e implica que se aumente el calor dentro del aula en las jornadas de clases.

Al mismo tiempo esto nos permite fortalecer lo aprendido en las materias de la Tecnología Eléctrica especialmente Instalación e Iluminación ayudando a mejorar aspectos de calidad en la institución.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Conociendo la situación que enfrenta actualmente el aula en cuanto a su bajo nivel de iluminación específicamente a nivel de luxes es entonces factible con este proyecto llevar a que este lugar cumpla lo estipulado por la norma y al ser de tipo led la luminarias también el consumo comparado con el anterior se verá afectado positivamente teniendo en cuenta Según lo dispuesto por el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP) en el *capítulo 4 DISEÑOS Y CÁLCULOS DE ILUMINACIÓN INTERIOR, SECCIÓN 420 REQUISITOS ESPECÍFICOS DE ILUMINACIÓN INTERIOR numeral 1.2 ALUMBRADO EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS, SALAS DE LECTURA Y AUDITORIOS*; reza textualmente en el numeral “**a) Iluminación de aulas de clase:** *El alumbrado de un aula de enseñanza debe ser apropiado para actividades tales como escritura, lectura de libros y del tablero. Como estas actividades son parecidas a las de las oficinas, los requisitos generales de alumbrado de éstas pueden aplicarse al de escuelas, Figura 420.1.2 a.*”

Con relación a lo dispuesto por el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP) en su capítulo 4 y específicamente en la tabla 410.1 “*Tabla 410.1 Índice UGR máximo y Niveles de iluminancia exigibles para diferentes áreas y actividades Fuente para UGR, Norma UNE EN 12464-1 de 2003.*”; se pretende realizar mejoras en la iluminación del salón de máquinas I aula 201, ubicado en la Institución Universitaria Pascual Bravo con dirección: Calle 73 No.73 A 226 Barrio Robledo, con un sistema de luminarias con lámparas Leds y esto ayuda visualmente a los estudiantes que reciben clases en está aula y contribuye con el ahorro y eficiencia energética para la preservación del medio ambiente por su bajo consumo de energía y vida útil.

Con este proyecto se pretende lograr un nivel de iluminación adecuado para la actividad que se desarrolla en el aula de clase con un promedio de 500 LX con lámparas de 51W. Cumpliendo así con lo exigido por el RETILAP y aplicando los conocimientos adquiridos en la Tecnología Eléctrica.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

Implementar un sistema de iluminación que cumpla con los niveles de iluminación reglamentarios mediante el uso de luminarias con lámparas led y fluorescente, en el aula 201 de clase de máquinas I bloque 4D de la Institución Universitaria Pascual Bravo.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Ejecutar la instalación de las luminarias en el aula de clase bloque 4d aula 201 máquinas I, aplicando la normatividad para la instalación de sistemas de iluminación vigentes en Colombia.
- Realizar el montaje de los conductores, canalizaciones con sus fijaciones respectivas, cajas de paso; elementos necesarios para la instalación de las luminarias LEDs, en el aula de clase bloque 4d aula 201, maquinas I.
- Instalar las respectivas protecciones para el circuito del sistema de iluminación, según lo estipulado en Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP).

## 4. MARCO CONCEPTUAL

### 4.1. BASES TEÓRICAS

#### 4.1.1. Historia de los Leds

El primer LED comercialmente utilizable fue desarrollado en el año 1962, combinando Galio, Arsénico y Fósforo (GaAsP) con lo cual se consiguió un Leds rojo con una frecuencia de emisión de unos 650 nm con una intensidad relativamente baja, aproximadamente 10 mcd 20mA, (mcd = milicandela, posteriormente explicaremos las unidades fotométricas y radiométricas utilizadas para determinar la intensidad lumínica de los Leds). El siguiente desarrollo se basó en el uso del Galio en combinación con el Fósforo (GaP) con lo cual se consiguió una frecuencia de emisión del orden de los 700 nm. A pesar de que se conseguía una eficiencia de conversión electrón- fotón o corriente-luz más elevada que con el GaAsP, esta se producía a relativamente baja corrientes, un incremento en la corriente no generaba un aumento lineal en la luz emitida, sumado a esto se tenía que la frecuencia de emisión estaba muy cerca del infrarrojo una zona en la cual el ojo no es muy sensible por lo que el led parecía tener bajo brillo a pesar de su superior desempeño de conversión.

En la década del 80 un nuevo material entró en escena el GaAlAs Galio, Aluminio y Arsénico. Con la introducción de este material el mercado de los Leds empezó a despegar ya que proveía una mayor performance sobre los Leds desarrollados previamente. Su brillo era aproximadamente 10 veces superior y además se podía utilizar a elevadas corrientes lo que permitía utilizarlas en circuitos multiplexados con lo que se los podía utilizar en display y letreros de mensaje variable.

Es de notar que muy difícilmente un led se queme, si puede ocurrir que se ponga en cortocircuito o que se abra como un fusible e incluso que explote si se le hace circular una elevada corriente, pero en condiciones normales de uso un led se degrada o sea que pierde luminosidad a una tasa del 5 % anual. Cuando el led ha perdido el 50% de su brillo inicial, se dice que ha llegado al fin de su vida útil y eso es lo que queremos decir cuando hablamos de vida de un led. Un rápido cálculo nos da que en un año hay 8760 horas por lo que podemos considerar que un LED de AlInGaP tiene una vida útil de más de 10 años. Como dijimos uno de factores fundamentales que atentan contra este número es la temperatura, tanto la temperatura ambiente como la interna generada en el chip, por lo tanto luego nos referiremos a técnicas de diseño de circuito impreso para bajar la temperatura. Explicaremos un detalle de mucha importancia respecto a los Leds y su construcción. Cuando se fabrica el led, se lo hace depositando por capas a

modo de vapores, los distintos materiales que componen el led, estos materiales se depositan sobre una base o sustrato que influye en la dispersión de la luz. Los primeros Leds de AlInGaP se depositaban sobre sustratos de GaAs el cual absorbe la luz innecesariamente. Un adelanto en este campo fue reemplazar en un segundo paso el sustrato de GaAs por uno de GaP el cual es transparente, ayudando de esta forma a que más luz sea emitida fuera del encapsulado.(Veloso., 2013)

## 4.2. PRODUCTOS DE ILUMINACIÓN LED´S

**Imagen 1. Tipo de luminarias led para exterior**



**Fuente: (<http://infoleds.wordpress.com/historia-de-los-leds/>, 2013)**

La Iluminación LED exterior de ALTA INGENIERÍA ofrece un sinfín de posibilidades para la iluminación de todo tipo de espacios exteriores, desde parques y jardines a monumentos, fachadas piscinas entre otros.

Todos los productos cuentan con la protección adecuada para su uso como iluminación exterior además de unos LEDs de alta luminosidad y un diseño de Iluminación LED atractivo y elegante. Además, gracias a un ahorro energético de hasta el 90%, amortizará su uso en pocos meses.

**Imagen 2. Alumbrado público tipo led**



**Fuente: (<http://infoleds.wordpress.com/historia-de-los-leds/>, 2013)**

**Imagen 3. Iluminación interior tipo led.**



**Fuente: (<http://infoleds.wordpress.com/historia-de-los-leds/>, 2013)**

### **4.3. CARACTERÍSTICAS:**

Las ventajas de dicha tecnología son muchas, que enumeramos a continuación:

- Con la tecnología LED se produce una menor disipación de calor.
- Esto es debido a que la incandescencia emite luz en todo el espectro visible, siendo el difusor (que hace de filtro) quien deja pasar sólo el color requerido y el resto del espectro se transforma en calor,
- El diodo LED emite luz monocromática
- Directamente, en la longitud de onda de color requerido, por lo que no existe la transformación de luz en calor. -
- Esta diferencia en la emisión de luz entre la incandescencia más el filtro y el diodo LED, hace que ésta sea más eficiente, ya que toda la luz emitida por foco luminoso es aprovechada en la iluminación del punto de luz. -

### **4.4. BENEFICIOS DE LA ILUMINACIÓN LED'S**

- No vuelva a cambiar bombillos: La vida útil de un bombillo LED es aproximadamente 20 años o 50.000 horas.
- Cambie el color de su espacio con solo un clic.
- No más calor:
- Ahorre en electricidad.
- Reduce costos de mantenimiento.
- Reduce facturas de electricidad
- Mejora la apariencia de su espacio.

(<http://infoleds.wordpress.com/historia-de-los-leds/>, 2013)

#### **4.5. HISTORIA DE DIALUX**

En 1989: fundación DIAL (light building software). Creación de un laboratorio de medición luminotécnico. A través del mismo existe la posibilidad para cualquier fabricante de luminarias del mundo de certificar las curvas de distribución de la intensidad luminosa y otras dimensiones fotométricas por parte de un laboratorio acreditado.

En 1991: ampliación del portfolio sobre temas de domótica. Creación de un laboratorio de formación EIB/KNX (Exbibyte/ El Bus de Instalación Europeo (EIB o El Bus) es un sistema de domótica e inmótica basado en un Bus de datos.) y celebración de seminarios EIB (Exbibyte) neutrales respecto a los fabricantes.

Creación de un laboratorio EIB. Cada aparato que quiere llevar el logo EIB tiene que ser comprobado por una casa de pruebas independiente. DIAL ha tomado esta idea ya antes de tiempo y era la primera casa de pruebas EIB acreditada por la EIBA. Entretanto, ofrecemos aparte de los tests EIBA igualmente una serie de tests de calidad secundarios.

1994: se crea DIALux: Creación por parte de un consorcio industrial para el desarrollo de una herramienta para planificación de iluminación siempre actual y adaptada a las necesidades de diseñadores de iluminación en todo el mundo. Los fabricantes de luminarias deberán tener la posibilidad de presentar sus productos individualmente en esta plataforma neutral.

1999: modificación del concepto de DIALux. Apertura total a un concepto dirigido por la economía de mercado. Desde entonces DIAL se desarrolla exclusivamente según las exigencias del mercado. 12 fabricantes de luminarias fueron los primeros clientes (miembros asociados a DIALux) y pusieron sus productos a disposición de los usuarios de DIALux, los diseñadores de iluminación, con la ayuda de catálogos electrónicos, los denominados plugins para DIALux.

#### **4.6. ORIGEN DE LA LUZ**

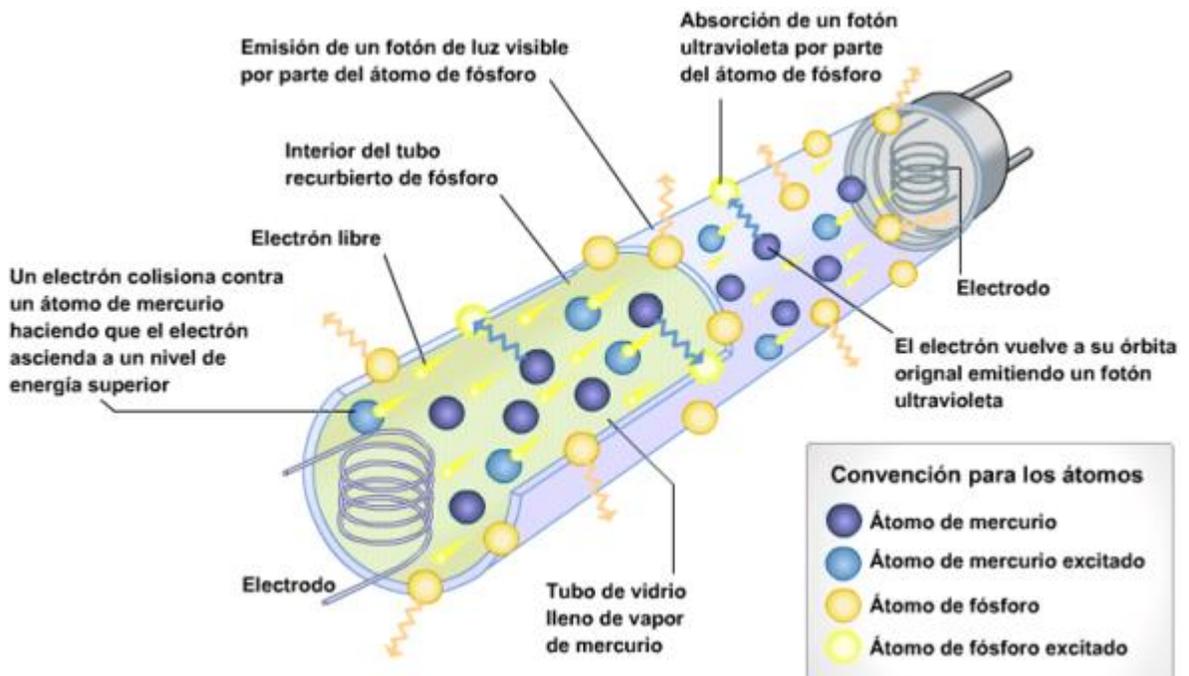
La luz se produce cuando un átomo es expuesto a una radiación externa, la que hace que algunos electrones se exciten y salten a niveles de mayor energía, en un proceso llamado absorción, entonces el átomo queda en un estado no estable, y pronto decae ese electrón a nivel de menor energía liberando la diferencia de energía que hay entre los orbitales que se produjo el salto en forma de radiación electromagnética.

Cuando la radiación emitida tiene la frecuencia de la luz visible, podemos observar luz visible, la que va desde los 380 nm hasta los 780 nm de longitud de onda.

#### 4.6.1. Lámparas Fluorescentes

Por otro lado tenemos las lámparas de tipo fluorescentes (tubos o las más pequeñas y modernas CFL). ¡Estas son mucho más interesantes! Todas estas lámparas funcionan por el mismo principio: se hace pasar una corriente de electrones libres desde un extremo del tubo al otro, y estos electrones en su camino chocan contra átomos del vapor de mercurio que las rellena:

Imagen 4. Lámpara fluorescente.



Fuente: (<http://www.fisic.ch/cursos/primero-medio/origen-de-la-luz/2013>)

En cada uno de estos choques ocurre algo muy interesante: el electrón libre que venía a toda velocidad pierde la energía cinética (su "velocidad") y se la transfiere a uno de los 80 electrones que hay en cada átomo de mercurio. Según las reglas de la mecánica cuántica, un electrón solo puede aceptar ciertas cantidades (cuantos) de energía, que coinciden precisamente con los "escalones" que tiene que escalar hacia niveles de orbitales más altos.

Se dice entonces que el electrón está "excitado", y realmente no aguanta mucho tiempo en ese estado hasta que vuelve a caer a su hueco natural. Como la

energía ni se crea ni se destruye, la energía que le sobra al caer la emite en forma de un fotón, un "paquetito de luz", cuya longitud de onda o color depende exclusivamente del tamaño del escalón en la caída. La siguiente figura te ayudará a entender todo esto para el ejemplo sencillo de un átomo de hidrógeno con un sólo electrón:

#### 4.6.2. Cuantización de la energía

Aunque en un principio fue ignorado por la comunidad científica, profundizó en el estudio de la teoría del calor y descubrió, uno tras otro, los mismos principios que ya había enunciado Josiah Willard Gibbs (sin conocerlos previamente, pues no habían sido divulgados). Las ideas de Clausius sobre la entropía ocuparon un espacio central en sus pensamientos.

En 1889, descubrió una constante fundamental, la denominada Constante de Planck, usada para calcular la energía de un fotón. La ley de Planck establece que la radiación no puede ser emitida ni absorbida de forma continua, sino sólo en determinados momentos y pequeñas cantidades denominadas cuantos o fotones. La energía de un cuanto o foton depende de la frecuencia de la radiación:

$$E = hf$$

donde  $h$  es la constante de Plank y su valor es  $6,62 \times 10^{-34}$  Js o también  $4,13 \times 10^{-15}$  eV. Un año después descubrió la ley de radiación del calor, denominada Ley de Planck, que explica el espectro de emisión de un cuerpo negro. Esta ley se convirtió en una de las bases de la teoría cuántica, que emergió unos años más tarde con la colaboración de Albert Einstein y Niels Börh

#### 4.6.3. Fuentes de luz

Las fuentes luminosas las podemos clasificar en dos grandes grupos, dependiendo del origen de estas:

Fuentes luminosas naturales: Son aquellas que pueden producir luz demanera natural, las estrellas, las luciérnagas,etc

Fuentes artificiales de luz: Son aquellas en las que el hombre ha intervenido y entre las fuentes artificiales están los siguientes tipos de lámparas:

- Lámpara incandescente: origina la luz por incandescencia de un filamento metálico calentado por el paso de la corriete eléctrica, la cual contiene un gas inerte que retarda la evaporación del filamento.

- Lámparas halógenas: contienen vapor de halógeno, que permite remover continuamente el material de un filamento que se deposita por la evaporación de la superficie interna de la ampolleta lo que alarga su vida.
- Lámpara de descarga: Produce luz mediante descarga eléctricas a través de un gas, un vapor metálico o una mezcla de gases y vapores.
- Lámparas Fluorescentes: Emite luz mediante una capa delgada de material fluorescente excitando por la radiación ultravioleta de la descarga.

## **4.7. EFECTOS DE LA LUZ ARTIFICIAL SOBRE LA SALUD**

### **4.7.1. Cómo funcionan las lámparas**

El ser humano creó hace tiempo la luz artificial quemando o calentando materiales, y hoy en día las velas, así como otras lámparas de llama, siguen siendo de uso común. La llegada de la electricidad trajo consigo las lámparas incandescentes, que suelen contener un filamento metálico sellado dentro de un tubo de vidrio y utilizan electricidad para calentar el metal hasta que se ilumina.

Este es el caso de las bombillas tradicionales, utilizadas durante muchos años, pero cuyo uso se está reduciendo gradualmente en favor de luces de menor consumo energético. Las lámparas halógenas siguen el mismo principio pero el tubo contiene un gas que hace que la luz sea mucho más brillante y la lámpara más eficiente.

Las lámparas de descarga eléctrica emiten luz enviando una corriente eléctrica a través de un gas. Su diseño básico consiste también en un gas sellado en el interior de un tubo, pero hay muchas variantes. Hay lámparas que mantienen el gas a baja presión, siendo el ejemplo más común los fluorescentes. Las lámparas de descarga de alta presión producen una luz más brillante y se utilizan para iluminar edificios grandes, en la realización de televisión o cine y para el alumbrado público.

La iluminación de estado sólido es una nueva tecnología que podría convertirse en la principal fuente de luz artificial en el futuro. Los conocidos diodos emisores de luz (LED), ya están en uso, pero se están desarrollando nuevos tipos de lámparas. Los niveles de radiación disminuyen según aumenta la distancia a la lámpara. Por lo tanto, para garantizar la seguridad de los ojos y la piel, las lámparas se prueban basándose en el peor de los casos, que sería la lámpara a una distancia de solo 20 cm. A partir de los resultados de estas pruebas estándar, las lámparas se clasifican en cuatro grupos de riesgo: “exentas de riesgo” (RG0), “bajo riesgo” (RG1), “riesgo medio” (RG2) y “alto riesgo” (RG3).

Sin embargo, esta categorización de riesgo solo contempla los peligros derivados de exposiciones breves. La gran mayoría de lámparas pertenecen al grupo de “exentas de riesgo” y la mayor parte de las contadas excepciones se encuadran dentro de las de “bajo riesgo”. Los tipos de lámparas clasificadas como de “riesgo medio” o “riesgo alto” se destinan normalmente a usos profesionales en lugares en los que no representan ningún peligro. El uso indebido de las lámparas que se encuentran en los grupos de riesgo de 1 a 3 podría causar daños en los ojos y la piel evitables con las medidas adecuadas. Por ejemplo, las lámparas de halogenuros metálicos empleadas en la iluminación de estadios deportivos pueden suponer un riesgo si se utilizan a una distancia de 20 cm, pero su uso normal no supone ningún peligro.

#### **4.7.2. ¿Cómo afecta la luz a los organismos vivos?**

El sol y las lámparas emiten luz visible y radiación invisible, como las radiaciones ultravioletas (UV) e infrarrojas (IR). La longitud de onda de la luz visible determina su color, desde violeta (longitud de onda más corta) hasta rojo (mayor longitud de onda). Las radiaciones UV e IR se pueden subdividir en función de su longitud de onda en bandas más estrechas: UVA/UVB/UVC para ultravioleta, siendo UVA la más cercana a la luz visible; IRA/CRI/CEI para infrarrojas, con IRA como la más cercana a la luz visible. El sol emite radiación en el rango completo de longitudes de onda, pero la atmósfera terrestre bloquea gran parte de la radiación UV e IR.

El efecto de la luz sobre las células vivientes depende de la radiación y de su longitud de onda, del tipo de célula, de las moléculas contenidas que absorban la luz y de la reacción química producida.

Cuando la luz ilumina la materia, la puede calentar, siendo este el principal efecto de la radiación infrarroja. La luz visible y ultravioleta puede desencadenar reacciones químicas si alcanzan las moléculas absorbentes adecuadas, llamadas cromóforos, muy abundantes en células cutáneas y oculares. Las radiaciones visibles e IRA penetran en las capas más profundas de la piel y los ojos, y pueden alcanzar la retina. Las radiaciones UVC, IRB e IRC son las menos penetrantes.

El cuerpo humano ha desarrollado numerosas medidas protectoras contra las luces demasiado brillantes o demasiado calientes: parpadeo, dolor, aversión natural a las luces intensas y contracción de la pupila, pero aun así pueden producirse daños por sobrexposición. La radiación puede causar quemaduras, pero esto es poco frecuente en lámparas domésticas. La luz visible y UV también pueden desencadenar reacciones químicas, normalmente al potenciar la creación de compuestos oxidantes que pueden atacar a las células. Los antioxidantes, pigmentos y otras sustancias químicas de la piel y los ojos pueden destruir el excedente de compuestos oxidantes, de forma que las reacciones químicas se ralenticen y la cantidad de productos formados sea inofensiva. Sin embargo, unas dosis más altas de radiación pueden

llevar a la formación de niveles tóxicos de estas sustancias químicas reactivas, causando enfermedades.

#### **4.7.3. ¿Qué efectos sobre la salud se han observado?**

La exposición a la luz por la noche puede alterar el ritmo circadiano. Es muy poco probable que las radiaciones visibles e infrarrojas procedentes de lámparas tengan efectos sobre la salud, a menos que sean extremadamente intensas y se utilicen a corta distancia. La sobreexposición a los rayos UV provoca quemaduras a corto plazo y, si la exposición es prolongada, aumenta el riesgo de desarrollar cáncer de piel (melanoma así como carcinoma de células escamosas carcinoma baso celular). En el peor de los casos, los niveles más altos de emisiones UV procedentes de lámparas utilizadas en oficinas y centros educativos podrían aumentar el número de casos de carcinoma de células escamosas en la UE, algo que no sucedería en el caso de las emisiones mínimas de las lámparas domésticas.

No existen pruebas de que una exposición breve a las lámparas utilizadas habitualmente en oficinas o en el domicilio provoque daños oculares. El componente azul de la luz visible puede dañar la retina, pero solo sucede por la exposición accidental al sol o a lámparas de muy alta intensidad, siendo, por lo tanto, poco frecuente.

No hay pruebas consistentes de que la exposición prolongada a la luz azul a menor intensidad provoque lesiones en la retina. La exposición prolongada a los rayos UV del sol puede dañar la córnea y provocar cataratas, pero no es probable que el uso de luz artificial en condiciones normales tenga cualquier efecto negativo.

La exposición a la luz por la noche durante las horas de vigilia, como sucede en los trabajos por turnos, podría llevar consigo un mayor riesgo de contraer cáncer de mama, y provocar problemas de sueño y gastrointestinales, así como cambios de humor y trastornos cardiovasculares. Sin embargo, estos efectos se deben a la perturbación del ritmo circadiano del cuerpo, independientemente del tipo de iluminación.

#### **4.7.4. ¿Cuáles son los efectos en personas que sufren enfermedades que les hacen sensibles a la luz?**

Los LED no emiten UV.

Para la mayoría de las personas con afecciones cutáneas que las hacen fotosensibles, los síntomas se manifiestan ante la luz solar, pero algunos de los pacientes con mayor sensibilidad también reaccionan a la luz artificial. El componente

azul o UV de la luz agrava particularmente las lesiones cutáneas de la dermatitis actínica crónica y la urticaria solar y, en el caso del lupus eritematoso, empeora tanto las reacciones de la piel como la propia enfermedad. Se calcula que 1 de cada 3000 personas en Europa se ve afectada por dichas afecciones. Estos pacientes deben evitar las fuentes de luz que emitan UV. Por ejemplo, si utilizan CFL, se recomiendan aquellas con doble envoltura. Una opción aún mejor para algunas personas puede ser el uso de LED, ya que no emiten UV.

El efecto de la luz en los pacientes con afecciones oculares que los hacen fotosensibles, varía considerablemente de una persona a otra, dependiendo de su composición genética. Todos los pacientes con distrofia de retina deberían usar gafas protectoras especiales que filtren las longitudes de onda dañinas.

Las lámparas compactas fluorescentes modernas no presentan prácticamente parpadeo, pero podría haber un poco de parpadeo residual que, aunque no resulte perceptible, puede ser captado por el cerebro. No hay pruebas científicas para evaluar si las lámparas que aquí se analizan tienen algún efecto sobre afecciones como el síndrome de Meares-Irlen, la encefalomielitis miálgica, la fibromialgia, la dispraxia, el autismo y el VIH.

#### **4.7.5. ¿Existen riesgos potenciales para la salud vinculados al alumbrado artificial?**

Los efectos de la exposición breve a rayos UV procedentes de luz artificial son insignificantes. La exposición prolongada a niveles bajos de radiación UV solo añade un porcentaje mínimo al riesgo de por vida de desarrollar carcinoma de células escamosas, pero podría incrementar ligeramente el número total de casos entre la población.

Algunas personas padecen afecciones que las hacen especialmente fotosensibles. La luz solar parece ser el principal factor desencadenante de las enfermedades, pero la luz artificial también influye en algunos casos. Los fabricantes de lámparas deben proporcionar información detallada sobre la luz emitida por cada modelo, para que los pacientes y sus médicos puedan elegir la lámpara más adecuada. Los pacientes con distrofia retinal deben usar gafas de protección especial que filtren las longitudes de ondas cortas e intermedias.

Se necesitan más datos sobre la exposición a la luz UV/UVC y azul procedente de lámparas de interior, y sobre el efecto de estas en enfermedades cutáneas y oculares. También se deben investigar los posibles efectos para la salud del parpadeo y de la exposición a luz artificial durante la noche. (Efectos de la luz artificial, 2012)

## 4.8. MÉTODO DE CAVIDADES ZONALES

### 4.8.1. Cálculos Para iluminación Interior

En los cálculos de iluminación interior se deben tener en cuenta los requisitos de **Iluminancia, la uniformidad y el índice de deslumbramiento**. El nivel de iluminancia de un local se debe expresar en función de la iluminancia promedio en el plano de trabajo. Para la aplicación del presente reglamento se deben cumplir los valores de la Tabla 440.1.

Si no se especifica la altura del plano de trabajo (hm), se deberá tomar un plano imaginario a 0,75 m, sobre el nivel del suelo para trabajar sentados y de 0,85 m para trabajos de pie. La iluminancia promedio se calcula mediante la fórmula:

$$E_{prom} = \frac{\Phi_{tot} * CU * FM}{A}$$

Dónde:

$\Phi_{tot}$  = Flujo luminoso total de las bombillas.

A = Área del plano de trabajo en m<sup>2</sup>

CU = Coeficiente o Factor de utilización para el plano de trabajo.

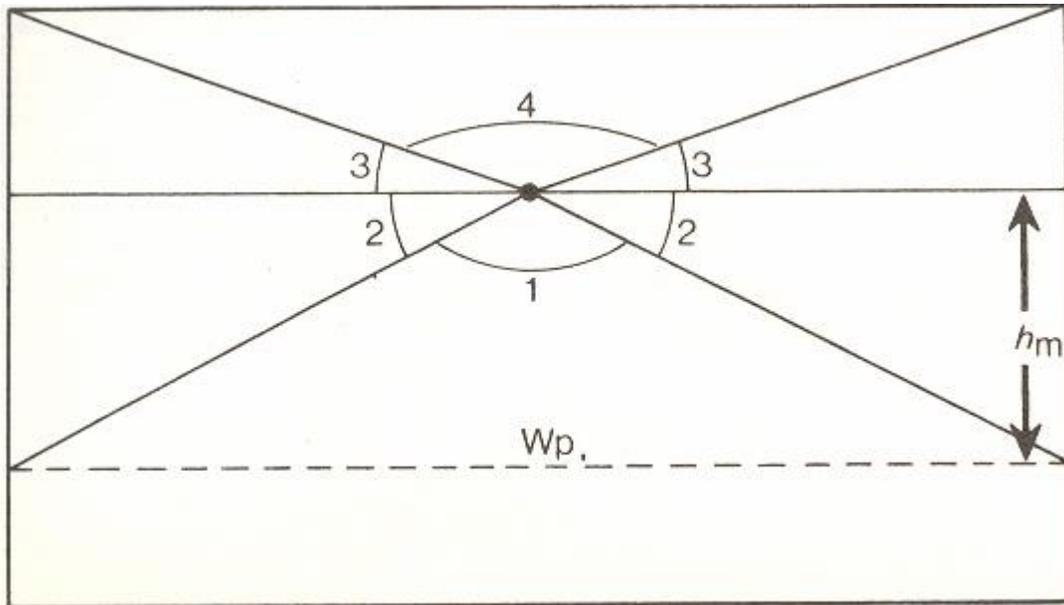
FM = Factor de mantenimiento.

### 4.8.2. Método del coeficiente de utilización de la instalación (CU).

El coeficiente de utilización de la instalación también se conoce como factor reducido de utilización y es la relación entre el flujo luminoso que cae en el plano de trabajo y el flujo luminoso suministrado por la luminaria. Este coeficiente representa la cantidad de flujo luminoso efectivamente aprovechado en el plano de trabajo después de interactuar con las luminarias y las superficies dentro de un local.

El valor del coeficiente de utilización depende de la distribución fotométrica de la luminaria y de las dimensiones y características de reflectancias del local. En función de las características de diseño para una luminaria con distancia de montaje hm se tendrá que parte del flujo luminoso emitido por la bombilla es absorbido por la misma luminaria y no contribuye al nivel de la iluminación del local. El resto del flujo de la bombilla es dirigido hacia arriba y hacia abajo, es decir, por encima y por debajo de un plano horizontal que pasa por el centro de la bombilla.

**Figura 1. Distribución del flujo luminoso emitido por las bombillas.**



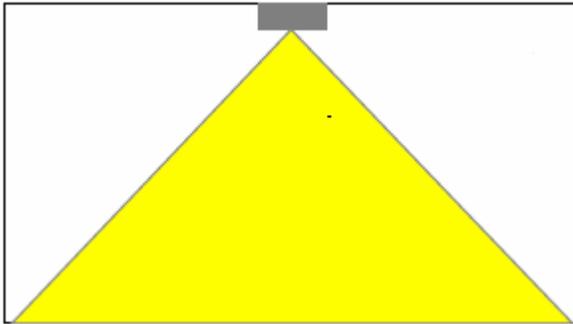
**Fuente: Retilap. Sección 430 pag. 97**

1. Radiación directa hacia el plano de trabajo ( $W_p$ )
2. Dirigido hacia las paredes por debajo de la luminaria.
3. Dirigido hacia las paredes por encima de la luminaria.
4. Dirigido hacia el techo.

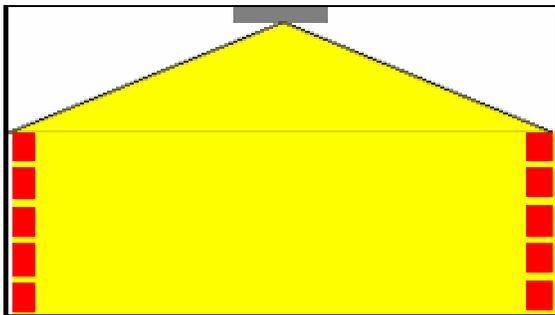
La parte del flujo radiado directamente sobre el plano de trabajo es la que contribuye en mayor cuantía al nivel de iluminancia. Solamente una parte del flujo dirigido hacia el techo y las paredes se convierte en flujo útil en el plano de trabajo, algunas veces después de varias reflexiones. El coeficiente o factor de utilización (CU) también se puede calcular como el producto de la eficiencia del local ( $\eta_R$ ) por la eficiencia de la luminaria ( $\eta_L$ ),  $CU = \eta_R \eta_L$

Normalmente los catálogos de luminarias indican directamente su coeficiente de utilización (CU) y por consiguiente ya está considerada su eficiencia es decir las pérdidas en emisión del flujo luminoso.

**Figura 2. Efecto del diseño de la luminaria en el Coeficiente de utilización (CU) para un local dado.**



Poca absorción de paredes el coeficiente de utilización será alto



**Fuente: Retilap. Sección 430 pag. 98**

Con gran absorción de paredes: el coeficiente de utilización será bajo

Con el método del factor de utilización se puede determinar la iluminancia media en el plano de trabajo.

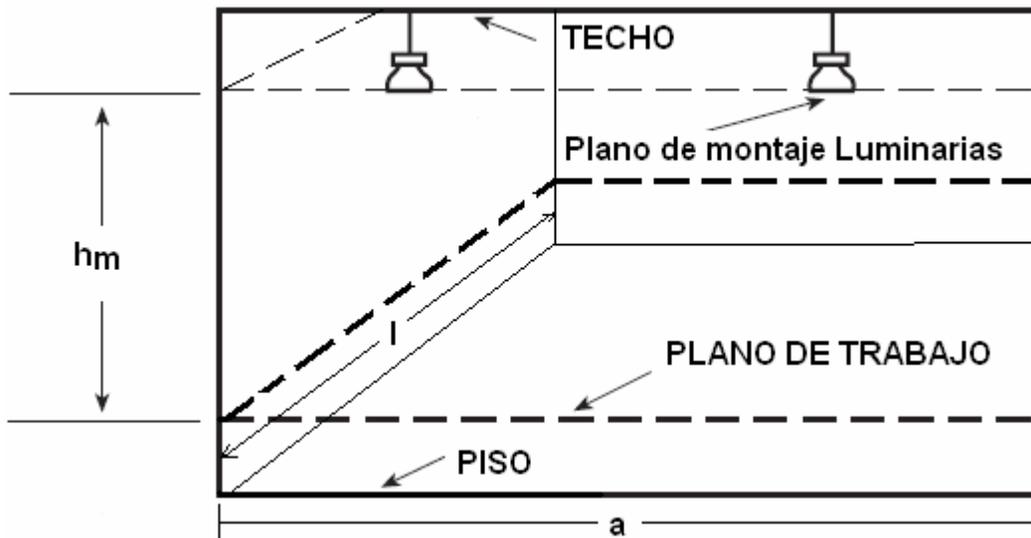
Para su aplicación se requiere contar con la información del coeficiente de utilización de las luminarias a usar, información que debe ser suministrada por el fabricante.

También se requiere conocer las dimensiones geométricas del local a iluminar y las correspondientes al montaje de las luminarias. El método del factor de utilización puede aplicarse bajo los siguientes supuestos que deben cumplirse, razonablemente, para obtener resultados confiables:

- Distribución uniforme de las luminarias
- Las superficies del local deben ser difusoras y espectralmente neutras

- El flujo incidente sobre cada superficie debe distribuirse uniformemente
  - El local debe estar libre de obstrucciones de tamaño considerable.
- Una versión de este método corresponde con el *Método de las Cavidades Zonales*, el cual se explica en el siguiente aparte.

**Figura 3. Distancias y cavidades para aplicación del método del Coeficiente de local**



**Fuente: Retilap. Sección 430 pag. 99**

Las reflexiones de las cavidades de techo y piso son tenidas en cuenta mediante factores de corrección en la aplicación del método. En este método la uniformidad se asocia con el **criterio de espaciamiento** propio de cada luminaria, el cual se determina en laboratorio junto con la información fotométrica. Tal criterio corresponde con la distancia máxima a respetar en un arreglo cuadrado de luminarias, determinada con base en el comportamiento fotométrico a lo largo de los ejes normales de la luminaria y su diagonal para mantener el nivel de uniformidad. Si este criterio no es suministrado se deberá evaluar la uniformidad mediante el cálculo puntual de niveles de iluminación mediante las curvas isocandela.

#### 4.8.3. Índices de las cavidades

Para un espacio rectangular se define los siguientes índices para cada una de las cavidades en función de sus dimensiones y la altura de montaje de las luminarias:

$$\text{Índice de la cavidad de techo} = \frac{5 hc (l + a)}{l * a}$$

$$\text{Índice de la cavidad de local} = k = \frac{5 h_m (l + a)}{l * a}$$

$$\text{Índice de la cavidad de Piso} = \frac{5 h_f (l + a)}{l * a}$$

Dónde:

hc = Altura de la cavidad del techo

hm = Altura de la cavidad del local

hf = Altura de la cavidad del piso

l = Longitud del local

a = Ancho de local

(RETILAP)

#### 4.8.4. Calculo de circuitos ramales

#### 4.8.5. Cargas permisibles.

En ningún caso la carga debe exceder a la corriente nominal del circuito ramal. Está permitido que un circuito ramal individual alimente cualquier tipo de carga dentro de su valor nominal. Un circuito ramal que suministre corriente a dos o más salidas o tomacorrientes, sólo debe alimentar las cargas especificadas de acuerdo con los siguientes Artículos a) a d) y resumidas en el Artículo 210-24 y en la Tabla 210-24.

**a) Circuitos ramales de 15 y 20 A.** Se debe permitir que un circuito ramal de 15 o 20 A suministre corriente a unidades de alumbrado, a otros equipos de utilización o a una combinación de ambos. La corriente nominal de cualquier equipo de utilización conectado mediante cordón y clavija no debe superar el 80% de la corriente nominal del circuito ramal.

La capacidad total del equipo de utilización fijo en su lugar no debe superar el 50% de la capacidad de corriente del circuito ramal no fijo en sitio, o a ambos a la vez.

**Excepción.** Los circuitos ramales para artefactos pequeños y el circuito ramal para lavadora de las unidades de vivienda, especificados en el Artículo 220-4.b) y c), sólo deben alimentar a las salidas de tomacorriente especificadas en dicho Artículo.

**b) Circuitos ramales de 30 A.** Se debe permitir que un circuito ramal de 30 A alimente a unidades fijas de alumbrado con porta bombillas de servicio pesado, en edificaciones distintas a las viviendas, o a equipos de utilización en cualquier ocupación. La corriente nominal de cualquier equipo de utilización conectado con cable y clavija no debe superar el 80% de la corriente nominal del circuito ramal.

**c) Circuitos ramales de 40 y 50 A.** Se debe permitir que un circuito ramal de 40 o 50 A alimente equipos de cocina fijos en cualquier ocupación. En edificaciones que no sean para vivienda, se debe permitir que tales circuitos alimenten unidades de alumbrado fijas con porta bombillas de servicio pesado, unidades de calefacción por infrarrojos u otros equipos de utilización.

**d) Circuitos ramales de más de 50 A.** Los circuitos de más de 50 A sólo deben alimentar a salidas de cargas que no sean para alumbrado.

#### **4.8.6. Requisitos de los circuitos ramales - resumen.**

En el cuadro 1 se resumen los requisitos de los circuitos que tengan dos o más salidas distintas de los circuitos de toma de corriente del Artículo 220-4.b) c), como se ha especificado anteriormente en la Norma Técnica Colombiana NTC 2050

#### **4.8.7. Circuitos ramales para zonas comunes.**

Los circuitos ramales de unidades de vivienda sólo deben alimentar las cargas de esa unidad o a las asociadas únicamente con esa unidad. Los circuitos ramales necesarios para alumbrado, alarmas centrales, señales, comunicaciones u otras necesidades de zonas públicas o comunes de viviendas multifamiliares, no se deben conectar a los equipos que alimentan a una vivienda individual.

**Cuadro 1. Resumen de requisitos de los circuitos derivados**

| Intensidad nom. del circuito             | 15 amperios             | 20 amperios             | 30 amperios             | 40 amperios             | 50 amperios             |
|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Conductores (Sección mínima):            |                         |                         |                         |                         |                         |
| Cables del circuito*                     | 14                      | 12                      | 10                      | 8                       | 6                       |
| Tomas de corriente derivadas             | 14                      | 14                      | 14                      | 12                      | 12                      |
| Cables y cordones de aparatos            | Véase Sección 240-4     |                         |                         |                         |                         |
| <b>Protección contra sobreintensidad</b> | <b>15 amperios</b>      | <b>20 amperios</b>      | <b>30 amperios</b>      | <b>40 amperios</b>      | <b>50 amperios</b>      |
| Dispositivos de toma de corriente:       |                         |                         |                         |                         |                         |
| Portalámparas permitidos                 | De cualquier tipo       | De cualquier tipo       | Reforzados              | Reforzados              | Reforzados              |
| Intensidad admisible de la toma**        | 15 A máx.               | 15 o 20 A               | 30 A                    | 40 o 50 A               | 50 A                    |
| <b>Carga máxima</b>                      | <b>15 amperios</b>      | <b>20 amperios</b>      | <b>30 amperios</b>      | <b>40 amperios</b>      | <b>50 amperios</b>      |
| Carga permisible                         | Véase Sección 210-23(a) | Véase Sección 210-23(a) | Véase Sección 210-23(b) | Véase Sección 210-23(c) | Véase Sección 210-23(c) |

\* Estos números se refieren a conductores de cobre.

\*\* Para la intensidad de los aparatos de iluminación por descarga conectados con cordón y clavija, véase Sección 410-30(c).

\* Estos calibres se refieren a conductores de cobre con sección transversal en mm<sup>2</sup> y entre paréntesis AWG.

\*\* Para la capacidad nominal de los tomacorrientes para los artefactos con lámpara de descarga conectados con cordón, véase Artículo 410-30.c).

**Fuente: (NTC 2050 CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO, 2013)**

*Las cargas de los circuitos ramales se deben calcular como se indica en los siguientes apartados a) a d).*

**a) Cargas continuas y no continuas.** *La capacidad nominal del circuito ramal no debe ser menor a la carga no continua más el 125 % de la carga continua. El calibre mínimo de los conductores del circuito ramal, sin aplicar ningún factor de ajuste o corrección, debe tener una capacidad de corriente igual o mayor que la de la carga no continua más el 125 % de la carga continua.*

**Excepción.** *Cuando el conjunto, incluidos los dispositivos de protección contra sobre-corriente, esté certificado para funcionamiento continuo al 100 % de su capacidad nominal.*

**b) Cargas de alumbrado para ocupaciones listadas.** *La carga mínima de alumbrado por metro cuadrado de superficie del suelo, no debe ser menor a la especificada en la Tabla 220-3.b) para las ocupaciones relacionadas. La superficie del suelo de cada planta se debe calcular a partir de las dimensiones exteriores de la edificación, unidad de vivienda u otras áreas involucradas. Para las unidades de vivienda, la superficie calculada del suelo no debe incluir los porches abiertos, los garajes ni los espacios no utilizados o sin terminar que no sean adaptables para su uso futuro.(NTC 2050 CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO, 2013)*

## **5. METODOLOGIA**

### **5.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Investigación aplicada, se aprovecharán los conocimientos adquiridos en varias asignaturas entre las cuales se encuentran Instalación e Iluminación Eléctrica, Circuitos Lógicos, Maquinas y Control.

### **5.2. ETAPAS DEL PROYECTO**

Para el diseño de este proyecto contamos con 2 etapas que se dividen en las siguientes actividades:

Se realiza un reconocimiento del aula a intervenir, tomando medidas para realizar los cálculos de las luminarias necesarias en el programa Dialux.

Con el informe que nos arroja el programa Dialux tendríamos bases para iniciar con la realización del presupuesto del proyecto a ejecutar.

Continuaríamos con la documentación y montaje de las obras de iluminación en el aula de clase de máquinas I aula 201 de la Institución Universitaria Pascual Bravo.

## **6. RESULTADOS**

Para hablar acerca del montaje del proyecto antes nombrado es necesario abarcar unos conceptos previos para tener una mejor idea de los elementos que se van a utilizar como lo son los siguientes:

### **6.1. TUBERIA EMT**

Los tubos EMT (Electrical Metallic Conduit) están diseñados para proteger cables eléctricos en instalaciones industriales, comerciales y en todo tipo de instalaciones no residenciales.

La tubería E.M.T. puede ser utilizada oculta o expuesta en todas las condiciones atmosféricas. Tiene un acabado galvanizado en su exterior que permite una alta resistencia a la corrosión a largo tiempo.

### **6.2. VENTAJAS DE LA TUBERIA EMT**

Moldeables facilitando su montaje en instalaciones eléctricas de edificaciones. Biselados en los extremos.

Recubiertos internamente con un esmalte que facilita la instalación de los cables y evita la corrosión, lográndose mayor durabilidad.

El tubo en su parte interna no tiene borde o aspereza cortante, permitiendo así la introducción de cables eléctricos sin riesgo de daños o roturas.

### 6.3. PRESENTACIONES TUBERIA EMT

#### Imagen 5. Tubería EMT

| TUBO METALICO                           | DIAMETRO EXTERNO | GROSOR | PESO    |
|---|------------------|--------|---------|
| TUBO EMT GALVANIZADO DE 3 METROS 1/2"   | 17.93mm          | 1.07mm | 1.36Kg  |
| TUBO EMT GALVANIZADO DE 3 METROS 3/4"   | 23.42mm          | 1.25mm | 2,09Kg  |
| TUBO EMT GALVANIZADO DE 3 METROS 1"     | 29.54mm          | 1.45mm | 3,04Kg  |
| TUBO EMT GALVANIZADO DE 3 METROS 1 1/4" | 38.35mm          | 1.65mm | 4.58Kg  |
| TUBO EMT GALVANIZADO DE 3 METROS 1 1/2" | 44.20mm          | 1.65mm | 5.26Kg  |
| TUBO EMT GALVANIZADO DE 3 METROS 2"     | 55.80mm          | 1.65mm | 6.71 Kg |

Fuente: [http://www.metalco.net/largos\\_tuberia\\_emt.php](http://www.metalco.net/largos_tuberia_emt.php)

### 6.4. CONDUCTORES

La función básica de un conductor consiste en transportar energía eléctrica en forma segura y confiable desde la fuente de potencia a las diferentes cargas. Existe una gran cantidad de terminología referente a este tema

Son cuatro los principales factores que deben ser considerados en la selección de conductores:

**Materiales:** Los materiales más usados como conductores eléctricos son el cobre y el aluminio, aunque el primero es superior en características eléctricas y mecánicas (la conductividad del aluminio es aproximadamente un 60% de la del cobre y su resistencia a la tracción es de un 40%), las características de bajo peso y menor costo del aluminio, han dado lugar a un amplio uso tanto para conductores desnudos como aislados.

**Flexibilidad:** La flexibilidad de un conductor se logra de dos maneras, recociendo el material para suavizarlo o aumentando el número de hebras que lo forman. La operación de reunir varios conductores se denomina cableado y da lugar a diferentes flexibilidades, de acuerdo con el número de hebras que lo forman, el peso o longitud del torcido de agrupación y el tipo de cable.

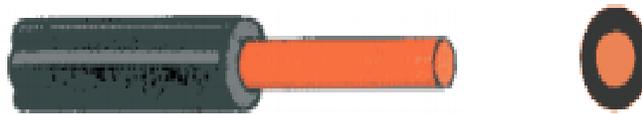
**Aislación:** La función de la aislación es evitar contactos involuntarios con partes energizadas del cable y encerrar la corriente eléctrica en el conductor. En principio, las propiedades de las aislaciones son con frecuencia más que suficientes para su aplicación, pero los efectos de la operación, medio ambiente,

envejecimiento, etc. pueden degradar al aislación rápidamente hasta el punto en que llegue a fallar, por lo que es importante seleccionar el más adecuado para cada aplicación.

Tipo:

Alambre: Conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por un solo elemento o hilo conductor.

### **Imagen 6. Conductor rígido**



**Fuente:**[http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria\\_electronica\\_y\\_electronica/conductores electricos/](http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_electronica_y_electronica/conductores electricos/)

Cable: Conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por una serie de hilos conductores o alambres de baja sección, lo que le otorga una gran flexibilidad.

### **Imagen 7 Conductor trenzado**



**Fuente:**[http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria\\_electronica\\_y\\_electronica/conductores electricos/](http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_electronica_y_electronica/conductores electricos/)

## **6.5. DIAMETROS DEL CONDUCTOR**

Los diámetros de los cables y alambres se categorizan de acuerdo al sistema AWG (American Wire Gauge). Mientras más pequeño sea el número AWG será mayor el diámetro de un cable.

El diámetro de los alambres y cables está directamente relacionado con la corriente que éstos pueden soportar, mientras mayor diámetro tengan, podrán conducir más amperes (la corriente se mide en amperios A). Si se hace pasar por un cable una corriente mayor a la que éste puede soportar, el cable podría sufrir un sobrecalentamiento e incluso ocasionar un incendio, además de generar un desperdicio de energía.

**Tabla 1 Conductores.**

| FOTO  | CALIBRE / AWG | CONSUMO DE CORRIENTE | EJEMPLOS  |
|---|---------------|----------------------|---|
|    | 6             | Muy alto             | Aires acondicionados centrales, equipos industriales (se requiere instalación especial de 240 volts).   |
|    | 8             | Alto                 | Aires acondicionados, estufas eléctricas y acometidas de energía eléctrica (de la mufa al interruptor). |
|    | 10            | Medio - alto         | Secadoras de ropa, refrigeradores, aires acondicionados de ventana.                                     |
|    | 12            | Medio                | Hornos de microondas, licuadoras, contactos de casas y oficinas, extensiones de uso rudo.               |
|   | 14            | Medio - bajo         | Cableado de iluminación, contactos de casas, extensiones reforzadas.                                    |
|  | 16            | Bajo                 | Extensiones de bajo consumo, lámparas.  |
|  | 18            | Muy bajo             | Productos electrónicos como termostatos, timbres o sistemas de seguridad.                               |

Fuente: <http://www.voltech.com.mx/cables.php>

## 6.6. PROTECCIONES

### 6.6.1. Cortacircuitos fusibles de baja tensión

Los cortacircuitos fusibles son el medio más antiguo de protección de los circuitos eléctricos y se basan en la fusión por efecto de Joule de un hilo o lámina intercalada en la línea como punto débil.

Los cortacircuitos fusibles o simplemente fusibles son de formas y tamaños muy diferentes según sea la intensidad para la que deben fundirse, la tensión de los circuitos donde se empleen y el lugar donde se coloquen.

### **6.6.2. Interruptores magnéticos**

Son interruptores automáticos que reaccionan ante sobre-intensidades de alto valor, cortándolas en tiempos lo suficientemente cortos como para no perjudicar ni a la red ni a los aparatos asociados a ella.

Para iniciar la desconexión se sirven del movimiento de un núcleo de hierro dentro de un campo magnético proporcional al valor de la intensidad que circula.

### **6.6.3. Interruptores térmicos**

Son interruptores automáticos que reaccionan ante sobre-intensidades ligeramente superiores a la nominal, asegurando una desconexión en un tiempo lo suficientemente corto para no perjudicar ni a la red ni a los receptores asociados con él.

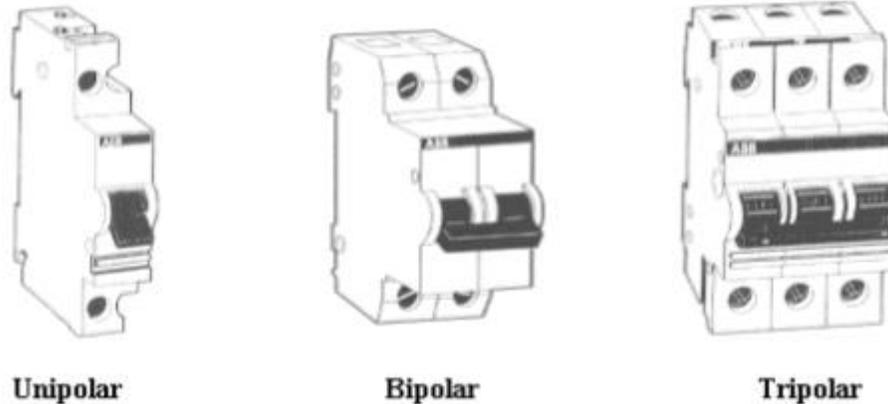
Para provocar la desconexión, aprovechan la deformación de una lámina bimetálica, que se curva en función del calor producido por la corriente al pasar a través de ella.

### **6.6.4. Interruptores magneto-térmicos**

Generalmente, los interruptores automáticos combinan varios de los sistemas de protección descritos, en un solo aparato. Los más utilizados son los magneto-térmicos.

Poseen tres sistemas de desconexión: manual, térmico y magnético. Cada uno puede actuar independientemente de los otros, estando formada su curva de disparo por la superposición de ambas características, magnética y térmica.

## Imagen 9. Protecciones



Fuente: [http://www.uclm.es/area/ing\\_rural/instalaciones/protecciones.pdf](http://www.uclm.es/area/ing_rural/instalaciones/protecciones.pdf)

### 6.6.5. Relés térmicos bimetálicos

Los relés térmicos bimetálicos constituyen el sistema más simple y conocido de la protección térmica por control indirecto, es decir, por calentamiento del motor a través de su consumo.

Los bimetales están formados por la soldadura al vacío de dos láminas de materiales de muy diferente coeficiente de dilatación (generalmente invar y ferróníquel). Al pasar la corriente eléctrica, los bimetales se calientan y se curvan, con un grado de curvatura que depende del valor de la corriente y del tiempo.

En caso de sobrecarga, al cabo de un determinado tiempo definido por su curva característica, los bimetales accionan un mecanismo de disparo y provocan la apertura de un contacto, a través del cual se alimenta la bobina del contactor de maniobra. Este abre y desconecta el motor.

### 6.7. TABLERO DE DISTRIBUCION

“TABLERO: Encerramiento metálico o no metálico donde se alojan elementos tales como aparatos de corte, control, medición, dispositivos de protección, barrajes, para efectos de este reglamento es equivalente a panel, armario o cuadro.”

## **6.8. RETIE RESOLUCIÓN NO. 18 1294 AGOSTO 06 DE 2008**

### **6.8.1. Capítulo 1 Artículo 3 Definiciones.**

Para la implementación del tablero de distribución en nuestro proyecto nos regiremos bajo el artículo 17.9.1 tableros de baja tensión, 17.9.1.1 partes conductoras de corriente de tableros de baja tensión y 17.9.1.2 terminales de alambrado de tableros de baja tensión estipulado en el RETIE.

## **6.9. MEMORIAS DE CÁLCULOS**

### **6.9.1. Calculo de la tubería.**

De acuerdo a la norma NTC 2050 en su apéndice c (cuadro 2) diciendo que el número máximo de conductores y cables de aparatos en tuberías eléctricas metálicas es decir EMT por sus siglas en ingles que ya nombramos según cuadro 1 del capítulo 9 se usara:

Tubería EMT de ½" con base en lo anterior.

### **6.9.2. Calculo del conductor**

Los cálculos se harán de la siguiente manera:

$$I = \frac{\text{SUMATORIA DE POTENCIAS DE LAMPATARAS}}{\text{VOLTAJE DE ALIMENTACION}}$$

$$I = \frac{(4 \cdot 32) + (3 \cdot 54) \text{ EXPRESADO EN VATIOS (W)}}{120 \text{ V}}$$

$$I = 2,45 \text{ A}$$

SIENDO UN CALIBRE N° 14 AWG como se nombra en la NTC 2050 en su sección 310-5 diciendo el calibre mínimo de un conductor según su tensión de alimentación donde de 0 a 2000 voltios su calibre mínimo será el nombrado y también según la tabla 310- 16 de la misma norma en la cual se pueden encontrar la corriente nominal por cada conductor.

## **6.10. CALCULO DE PROTECCION**

La protección será de un interruptor mono polar ya que nuestra instalación es de una sola fase, neutro y tierra donde manipulamos su fase luego siendo así su protección constara de un interruptor termo-magnético de 15 A.

## **6.11. MANTENIMIENTO**

Para hablar acerca de este paso hay que mencionar algunos conceptos previos para tener una base más clara para hacer la tarea del mantenimiento una obra óptima y así alcanzar una vida útil de la luminaria más extendida tales como:

### **6.11.1. Cálculo del factor de mantenimiento**

Las condiciones de conservación y mantenimiento de la instalación de iluminación configuran un parámetro de gran incidencia en el resultado final de un proyecto de alumbrado público, denominado factor de mantenimiento de la instalación FM y debe calcularse con la metodología adoptada de la IESNA (Illuminating Engineering Society of North América) que considera la valoración de ocho efectos, cuyo producto dará como resultado el factor de mantenimiento de la instalación de la instalación de alumbrado público (**FM**). El análisis de cada uno de estos efectos dará como resultado un valor que puede ser uno (1), si las condiciones son óptimas y menor que 1, en la medida que no lo sean. Los efectos pueden ser controlables o no controlables, como se aprecia en la Tabla 720.2 A.

### **6.11.2. Variaciones abruptas de la tensión:**

Una tensión en los terminales de las bombillas, no conforme con la prevista, ocasiona una variación apreciable en el flujo luminoso emitido. La variación de tensión en los terminales de la bombilla depende de la variación de tensión de la fuente de alimentación y de la capacidad de regulación de la tensión que tenga el tipo de balasto utilizado en la luminaria. El diseñador debe consultar con el operador de la red el comportamiento de las variaciones de tensión en los circuitos alimentadores de media tensión cuando se considera la instalación de transformadores exclusivos para alumbrado público, o las variaciones en la red de baja tensión cuando se usan las redes de uso general en baja tensión. En todo caso el diseñador deberá dejar constancia del análisis realizado y de las especificaciones dadas en consideración con las variaciones posibles de tensión que se presenten en los circuitos de alimentación. Cuando un proyecto o sistema se encuentre en operación, el operador del sistema de alumbrado público en

conjunto con el operador de la red deberán evaluar el comportamiento de las variaciones de tensión de alimentación y definir las acciones y correcciones a realizar con el fin de obtener un comportamiento cercano a las condiciones de operación de diseño de tensión de las bombillas.

#### **6.11.3. Depreciación de la luminaria por envejecimiento y degradación de sus materiales:**

La rapidez y severidad de la acumulación de polvo en las fuentes luminosas y luminarias varía considerablemente con el tipo y construcción de la luminaria (abierta o cerrada), la altura de montaje y sobre todo con el grado de humedad y polución de la atmósfera del ambiente, el cual depende a su vez, de otros factores (volumen y naturaleza del flujo de tráfico, clima, trayectoria del viento, ubicación de la instalación, etc.) que producen un envejecimiento y degradación de todos los materiales que conforman los sistemas de iluminación pública.

#### **6.11.4. Variación de las características de reflexión de la calzada (FR):**

Las propiedades de reflexión de las superficies de la calzada cambian paulatinamente con su utilización.

Este cambio que no es constante a lo largo de toda la superficie, es significativo en los inicios de la utilización de la calzada y después decae. El cambio de las propiedades de reflexión se produce por:

- a. Acumulación de suciedad y polvo atmosférico
- b. Diferencia de carga y peso de los vehículos
- c. Mayor o menor utilización de los carriles de circulación
- d. Flujo vehicular
- e. Calidad de los materiales utilizados en la construcción de la calzada
- f. Condiciones atmosféricas: temperatura, humedad, frecuencia de las lluvias, características de polución del ambiente. Este factor debe considerarse únicamente cuando se tenga un buen conocimiento de las superficies de las calzadas lo cual se logrará a través de una serie de mediciones que se efectúen sobre las calzadas de las vías.

#### **6.11.5. Depreciación del flujo luminoso de la bombilla (DLB)**

La influencia de la depreciación en la frecuencia de sustitución de las bombillas debe considerarse para mantener ciertas condiciones mínimas de iluminación durante la vida útil de la instalación.

Los fabricantes de bombillas deben suministrar la información de la reducción del flujo luminoso de los distintos tipos de bombillas y las diferentes potencias obtenidos bajo condiciones de funcionamiento controladas. El diseñador deberá tener en cuenta tales condiciones para especificar el tipo de conjunto eléctrico necesario para cada tipo de fuente luminosa propuesta y plantear el esquema de mantenimiento.

En la práctica, las condiciones reales de operación pueden desviarse de las utilizadas en los ensayos, alterando las características de funcionamiento. En tal sentido, los operadores del servicio de alumbrado público deberán crear y alimentar las bases de datos que les permitan determinar la depreciación y vida útil real de las bombillas por marcas, tecnología, potencia y condiciones del sitio de instalación.

En lo posible los operadores deberán, mediante muestras, hacer pruebas para verificar condiciones iniciales y durante la operación de las fuentes luminosas, tales como tensión de bombilla y flujo luminoso.

La interventoría verificará la existencia, seguridad y funcionalidad de la base de datos así como la veracidad de la información registrada.

Al finalizar periodos de 4 años a partir de la entrada en vigencia del presente reglamento, los operadores del servicio de alumbrado público evaluarán los datos del comportamiento real de las bombillas y presentarán a la industria por intermedio del comité técnico de normalización de iluminación las sugerencias para que se realicen los ajustes pertinentes y a este Ministerio para que se hagan los ajustes al reglamento.

#### **6.11.6. Factor reemplazo de bombillas (R)**

En alumbrado público el factor de reemplazo de la bombilla estará determinado por la vida útil (70% del flujo luminoso nominal). Por diversas circunstancias, algunas bombillas terminan su vida antes de lo esperado, y dado que existen necesidades de optimizar el mantenimiento de las instalaciones de alumbrado público, se deben considerar las características de depreciación y mortalidad de la bombilla, para establecer un cronograma de reemplazo. En alumbrado industrial y comercial el factor de reemplazo de la bombilla podrá ser establecido con base en un estudio de vida económica. La vida económica de una bombilla es el periodo de tiempo, expresado en horas, que transcurre hasta cuando la relación entre el costo de reposición y el costo de lúmenes hora que sigue produciendo la fuente no es económicamente favorable. La vida económica depende, por consiguiente, del costo de las fuentes luminosas, del costo de la mano de obra para el cambio y del costo de la energía eléctrica.

El factor de cambio de bombilla (R) se determinará a partir de los registros de información alimentados por el operador del alumbrado público y por lo tanto deberá verificar su continuidad y pertinencia.

Todo programa de modernización de alumbrado público, entendido como cambio de luminarias de vapor de mercurio por vapor de sodio, deberá tener implementado en el sistema de información de alumbrado público su base de datos, en la cual se deben registrar, como mínimo, los siguientes datos:

Marca; Tecnología; Potencia; Fecha de instalación; Sitio de instalación (geo-referencia); Tipo de área iluminada (vía tipo, peatonal, zona verde, parque campo deportivo, ciclo ruta, etc.). ; Intervenciones de mantenimiento del punto instalado desde la fecha de la modernización.

#### **6.11.7. Depreciación por ensuciamiento (Factor de ensuciamiento)**

La acumulación de suciedad en el conjunto óptico de las luminarias afecta el rendimiento y, por lo tanto, disminuye los niveles de iluminación de una instalación de alumbrado público. La rapidez y severidad de la acumulación de suciedad varía de acuerdo con las condiciones existentes en el sitio de la instalación y las propiedades de hermeticidad de la luminaria. El diseñador de acuerdo con las características del sitio de la instalación deberá en conjunto con el responsable del alumbrado público determinar la categoría de contaminación aplicable al proyecto de alumbrado, y clasificarla de acuerdo con la Tabla 720.2.8 A Con esa información y conocido el índice de hermeticidad (IP) o su equivalente NEMA de la luminaria propuesta en el diseño se deberá determinar el FE El Índice Ip y el Índice IK se escogen de acuerdo con las condiciones ambientales. La tabla 720.2 8 B muestra los diferentes grados de protección IP e IK

ÍNDICE IP Primera cifra Segunda cifra ÍNDICE IK IP Protección contra cuerpos sólidos IP Protección contra Líquidos IK Protección contra el impacto Energía de Impacto (JOULES) Clasificación con relación a su protección contra entrada de cuerpos sólidos, agua (grado de hermeticidad IP o su equivalente nema): En las especificaciones de las luminarias se debe tener en cuenta el tipo de protección y el grado de hermeticidad requerido de acuerdo con las condiciones ambientales del sitio de instalación.

Las luminarias están clasificadas, por medio de los Códigos **IP** (*International Protection Code*) o su equivalente NEMA, que es un sistema de códigos para indicar los grados de protección provistos por un encerramiento, contra la entrada de polvo y de agua.

Los códigos **IP** se identifican con dos dígitos que indican los grados de protección:

El primer dígito, indica la protección del equipo contra la entrada de cuerpos extraños sólidos. Corresponde al primer número y comprende siete grados, desde el *grado 0* –sin protección- hasta el grado 6 –totalmente protegido contra polvo-. El segundo dígito, indica la protección del equipo dentro de la cubierta contra entrada de agua. Corresponde al segundo número y comprende nueve grados, desde el grado 0 –sin protección- hasta el grado 8 –protegido contra los efectos prolongados de inmersión bajo presión-. Las luminarias clasificadas como “**a prueba de agua**”, no necesariamente son aptas para operación bajo agua. En tales casos, debe usarse las luminarias clasificadas “**a prueba de agua bajo presión.**”

#### **6.11.8. Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo debe determinar las acciones para evitar o eliminar las causas las fallas potenciales del sistema y prevenir su ocurrencia, mediante la utilización de técnicas de diagnóstico y administrativas que permitan su identificación.

Dentro de las técnicas de diagnóstico se deben considerar:

- a. Las mediciones eléctricas en diferentes puntos de la red de los perfiles de tensión, niveles de armónicos
- b. La medición de los parámetros eléctricos de operación de las luminarias y sus componentes
- c. Las mediciones fotométricas deben permitir obtener parámetros como Uniformidad general de niveles de luminancia/Iluminancia de la calzada (***U<sub>o</sub>***), Uniformidad longitudinal sobre la calzada (***U<sub>L</sub>***), que permitan medir la calidad de la iluminación.

Estas rutinas de inspección se deben ejecutar a través de grupos de Inspección con equipos y elementos adecuados.

#### **6.11.9. Reemplazos masivos de bombillas.**

La reposición programada de bombillas tiene por objeto mantener las instalaciones de alumbrado dentro del nivel proyectado. Las bombillas que se retiren deben ser entregadas al responsable técnico de la instalación, quien debe elegir aquellas que desee estudiar con el fin de determinar si existen causas anormales que provoquen su rápido envejecimiento. Si el flujo emitido por un número significativo de las bombillas retiradas, en la reposición en grupo, fuese inferior al previsto, se debe evaluar la continuidad de uso del tipo de bombilla por la marca, lote o la referencia. No obstante lo anterior, no se debe descartar el mantenimiento correctivo puntual, debido a que hay bombillas defectuosas que no cumplen su vida útil, siendo necesario reemplazarlas. Para garantizar la confiabilidad y calidad

del servicio de alumbrado público, en este caso se podrán utilizar las bombillas retiradas en cambios masivos y seleccionados por disponer aún de vida útil.

#### **6.11.10. Operaciones de limpieza de luminarias y soportes**

Se debe efectuar de forma programada en concordancia con el esquema de mantenimiento previamente establecido, teniendo en cuenta el grado de hermeticidad de la luminaria y el nivel de contaminación de su sitio de instalación. La limpieza de luminarias se debe realizar tanto interior como exteriormente, con una metodología que permita que tras ésta se alcance un rendimiento mínimo del 80 % inicial. Este rendimiento se comprobará midiendo la iluminancia, tras la ejecución de la correspondiente limpieza. Al mismo tiempo que se hace limpieza, se debe efectuar una inspección visual del sistema óptico y del estado de todos los componentes de la luminaria.

El reemplazo de bombillas en grupo, se debe realizar de día y, de esta manera, minimizar la exposición de personal ya que no es necesario trabajar con el servicio de alumbrado operando y los peligros que implica el tráfico nocturno. De otra parte se evita la incomodidad al vecindario con el ruido de máquinas, trinquetes de las escaleras, etc. Se deben aprovechar los trabajos de reemplazos en grupo, para realizar todo el mantenimiento de las funciones de la bombilla y la luminaria, es decir:

- a. Enfoque correcto de la bombilla
- b. Limpieza de la luminaria, y particularmente del sistema óptico
- c. Revisión del equipo auxiliar
- d. Revisión de las partes mecánicas de la luminaria.

#### **6.11.11. Mantenimiento correctivo (RETILAP)**

Consiste en localizar, reparar y adecuar las instalaciones para que funcionen el máximo número de horas posible, con el desempeño para el que fueron diseñadas.

Las actividades que componen el mantenimiento correctivo son:

- Localización - detección de averías
- Adecuación de instalaciones

## 6.12. CÁLCULOS DE INTENSIDAD LUMÍNICA

Se debe elaborar y mantener un reporte que contenga la información obtenida en el reconocimiento, los documentos que lo complementen, 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 y puesto de trabajo.
- 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 ó 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; (RETILAP)

Citando la forma adecuada para medir la intensidad luminosa por área es decir los luxes se hizo la medición en el salón a iluminar y se encontró la información que se ilustra en la siguiente tabla.

**Tabla 2 Resultado de luxes inicial en máquinas 1 aula 201**

| NIVELES ANTERIORES DE LUXES EN EL AULA POR METRO CUADRADO |      |             |
|---|------|-------------|
| 103.3   | 54.9 |             |
| 58.0  | 85.3 |             |
| 111.4   | 37.4 |             |
| 106.3   | 51.1 |             |
| 135.1   | 46.0 | PROMEDIO    |
| 95.0  | 30.6 | 74,33333333 |
| 52.0  | 55.7 |             |
| 69.6  | 16.3 |             |
| 127.0   | 15.7 |             |
| 101.6   | 20.2 |             |
| 126.1   |      |             |
| 57.5  |      |             |
| 56.5  |      |             |

**Tabla 3 Resultado de luxes actuales en máquinas 1 aula 201**

| NIVELES PRESENTES DE LUXES POR METRO CUADRADO |     |     |            |
|---|-----|-----|------------|
| 300   | 600 | 250 |            |
| 350   | 580 | 370 | PROMEDIO   |
| 445   | 600 | 295 | 378,826087 |
| 140   | 430 | 80  |            |
| 300   | 350 | 300 |            |
| 510   | 428 |     |            |
| 460   | 315 |     |            |
| 470   | 180 |     |            |
| 700   | 260 |     |            |

Logrando con esto los resultados esperados según los promedios arrojados por el software utilizado que se aproximaban a 330 en promedio y hemos comprobado que en la práctica fue mucho mayor el nivel de luxes en el aula con lo que el principal objetivo del proyecto se alcanzó satisfactoriamente el cual siempre se fundamentó en conseguir los niveles adecuados de luxes para la actividad del estudio.

## **6.13. TENDENCIAS DE LOS LED**

### **6.13.1. Diseño de una luminaria biodinámica**

“El objetivo del presente Proyecto Final de Carrera es el diseño de una luminaria de interior basada en tecnología LED, que simula la luz natural irradiada durante las horas de sol en espacios de trabajo u oficinas. El diseño de la luminaria se lleva a cabo utilizando LEDs RGB (Red, Green and Blue) los cuales cambian de color mediante la combinación de los tres colores básicos, reproduciendo la luz natural de la ciudad donde se desee instalar la luminaria. Para ello, se utiliza un montaje electrónico que contiene como componente principal un driver DMX (Digital Multi Plex) cuya utilidad es controlar el color de la luz, para simular de la manera más realista posible la luz solar, además se realiza el diseño conceptual de los elementos estructurales ,para integrar todos los componentes y plantear finalmente un prototipo. El proyecto está compuesto de una primera fase donde se estudian los actuales sistemas de iluminación, comparando las características de cada uno de ellos, para así realizar la elección correcta de la tecnología que se utiliza y la forma geométrica más conveniente para diseñar una luminaria biodinámica. En la segunda y principal fase del proyecto se desarrolla un estudio exhaustivo de cada uno de los sistemas que componen el producto, empezando por el análisis fotométrico del LED y su optimización mediante sistemas de reflexión, seguido de los cálculos térmicos y mecánicos que garantizan unas condiciones óptimas para el desarrollo de su función. La fase intermedia también incluye un innovador apartado de estudio biodinámica, que aporta el valor añadido sobre los sistemas actuales de iluminación, dotando de la capacidad de adaptación de la luz de la luminaria a la luz natural, armonizando en la medida de lo posible los ritmos circadianos naturales del ser humano en un entorno de trabajo. Finalmente, en la última fase se determina el impacto económico y ambiental que se genera en la ejecución del proyecto. Con el desarrollo de una luminaria que simule la luz solar, se pretende aportar una nueva visión a los futuros dispositivos luminosos, adaptando la iluminación a las exigencias biológicas del ser humano, intentando aproximar el concepto de que la luz es la que se debe adaptar a las personas y no al contrario. Todo ello, acompañado del cumplimiento de las exigencias y expectativas de un mercado altamente competitivo y siempre siendo lo más respetuoso posible con el medio ambiente, para preservar el futuro de generaciones venideras.” (Trabajos de Investigación/Fin de máster, 2013)

### 6.13.2. Flexible tube led

“Flexible Tube led es una nueva línea de luminarias, desarrollada por la marca, como alternativa a los tradicionales tubos fluorescentes de gas neón. Su principal ventaja comparativa es el ahorro energético. Las lámparas led que la componen utilizan sólo 4,7W por metro lineal, lo que significa hasta un 80% de ahorro respecto a los tubos estándar, y una vida útil de 30.000 horas –hasta 5 veces mayor–. Por tratarse de luces puntuales, los led se disponen de forma secuencial dentro de un tubo de pvc opaco que actúa como difusor óptico. El resultado es una luz limpia y homogénea, con la misma apariencia y brillo del gas neón. El pvc además otorga gran flexibilidad, por lo que resulta fácil doblar los tubos para armar letras o logotipos luminosos, o iluminar superficies irregulares de fachadas. Flexible Tube led puede ser usado sin problemas en ambientes interiores o exteriores gracias a la resistencia estructural que ofrece el pvc y a un exclusivo recubrimiento con filtro uv presente en toda la línea.

Los tubos incluyen: cable de alimentación con convertidor ca/cc pre-montado y los accesorios de aluminio necesarios para el montaje. Están disponibles en varios formatos con un largo máximo de tubo de 50 m continuos y una sección fija de 27,5x14 mm. Es posible adquirirlos en cinco colores básicos: ámbar, rojo, verde, azul y blanco.”

Datos técnicos relevantes:

Colores: rojo, ámbar, blanco, verde y azul.

Formato: Sección fija de 27,5x14 mm; largo variable con máximo continuo de 50 m (expansible por conexión); colores blanco, azul y verde admiten corte cada 91 cm; colores rojo y amarillo admiten corte cada 152 cm.

Consumo eléctrico: 4.7 W por metro colores rojo y ámbar; 6.6 W por metro colores blanco, verde y azul.

Número de Leds: 79 diodos por metro lineal

Materiales: pvc modificado con silicona y protección uv

Alimentación eléctrica: 220 - 240 V / 50 - 60 Hz

Vida útil: hasta 30.000 horas, 30% mantenimiento lumínico

Se puede evidenciar en ambos proyectos que se hace uso de led de menos potencia con mayor intensidad lumínica, con el fin de simular de manera efectiva la luz natural, a su vez, lograr implementar luminarias de mayor longitud con estos led de menor potencia y por ende menor gasto energético. (Alamo, 2013)

## 7. CONCLUSIONES

- Se logró realizar el montaje e instalación del sistema de iluminación led enriqueciendo nuestro conocimiento acerca de esta tecnología que poco a poco se ha estado acogiendo hasta el punto de hablarse que podría convertirse en la iluminación del futuro.
- Gracias a este proyecto pudimos aprender cómo es todo el proceso pertinente en una instalación desde el diseño, planificación, cronogramas, materiales y montaje final adquiriendo así mejoradas competencias en este ámbito de la tecnología eléctrica.
- Mejoramos el manejo de las herramientas propias de un electricista profesional como lo son el Retie, Retilap y la mayor entre ella es decir la norma técnica colombiana NTC 2050.
- Se alcanza el objetivo que tenía como base este proyecto el cual era alcanzar unos niveles de iluminación óptimos y bajo norma con esta tecnología led el cual se logró por mucho llevando así a mejorar la calidad lumínica del aula antes mencionada.
- Se logra realizar un montaje novedoso y atractivo que el cual los estudiantes disfrutaran con esta luz cálida y se terminaran las fatigas visuales por tan bajos niveles de iluminación.

## 8. RECOMENDACIONES

En este capítulo se pretende dar algunas pautas con el fin de mejorar el proyecto a realizar, salvaguardar los elementos físicos que componen el proyecto y se proponen temas de investigación en tecnologías existentes que se pueden implementar en los sistemas de iluminación.

- La primera recomendación que se hace tiene alusión a la sensibilidad que tienen los led por su composición electrónica y dado a que en la red de alimentación a la que están expuestos la tensión no es constante, puesto que sufre picos por diferentes maniobras, se aconseja a la hora de falla de alguna de las lámparas led tener muy presente la ficha de características del fabricante y aún más los rangos de tensión a los que puede someter dicho elemento.
- Todos los sistemas de iluminación están expuestos a variaciones bruscas de tensión la mayoría de las ocasiones por los llamados voltajes de maniobra la recomendación que se hace es el uso de protecciones adecuadas para los parámetros específicos como son el tiempo de reacción ante la falla y el tiempo de despeje efectivo de ella, puesto que estos son los que hacen delicados los sistemas de iluminación led.
- La tecnología de la visión virtual está en plena fase de desarrollo como tecnología de punta a nivel mundial, aunque ya hacemos uso de ella en unas pocas aplicaciones su uso está un poco restringido, lo que se propone con ella para los sistemas de iluminación es cambiar los sensores que se utilizan en la actualidad (ya sean de presencia o sensores sonoros) que en muchas aplicaciones no cumplen la función para la que son diseñados que es el ahorro real de energía, se propone hacer uso de la tecnología y diseñar un sensor que sea capaz de analizar una cierta cantidad de fotos por segundo con el fin de determinar si en realidad existe la necesidad de utilizar las luminarias o no; o que sea capaz de tomar la decisión si se necesitan encender todas, parte o una sola luminaria para desempeñar la función o actividad que se realiza en el área determinada.

## BIBLIOGRAFÍA

Bahnhofsallee. (s.f.). *Dial lighth, building. Software*. Recuperado el 08 de 2013, de dial lighth, building. Software: identificados, c. C. (2012). *Efectos de la luz artificial*. Recuperado el 08 de 2013, de efectos de la luz artificial. Pag.1.

Resolución 180540 (RETILAP). Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público. Hernán Martínez Torres. Ministro de Minas y Energía. Bogotá D.C. Pág. 96.

Reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE) Resolución no.181294 Agosto 06 de 2008. Manuel Fernando Maiguashca Olano, Viceministro de Minas y Energía. Bogotá, d. c., Pág. 78.

Instituto Colombiano De Normas Técnicas Y Certificación, . (2013). Pag.2.

Norma Técnica Colombiano (NTC 2050) Código Eléctrico Colombiano. Pág. 62.

Bogotá: Instituto Colombiano De Normas Técnicas Y Certificación, ICONTEC. Pag.4.

Llano, j. A. (2012). Guia para el diseño de instalaciones de iluminacion. *Guia para el diseño de instalaciones de iluminacion*. Pereira, colombia.Pag.1.

## CIBERGRAFÍA

<http://infoleds.wordpress.com/historia-de-los-leds/Marzo/2013>

<http://www.energiase.com2011www.energiase.com/Abril/2013>

<http://www.upme.gov.co/Docs/Seminarios/2011/EEE/4%20RODOLFO%20G%C3%9CERCHOR.pdf/Abril/2013>

<http://www.dial.de/DIAL/es/empresa/historia.html>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Iluminaci%C3%B3n\\_en\\_fotograf%C3%ADa](http://es.wikipedia.org/wiki/Iluminaci%C3%B3n_en_fotograf%C3%ADa)

<http://www.fisic.ch/cursos/primero-medio/teor%C3%ADas-de-la-luz/>

[http://www.electrocastillo.com/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=93&Itemid=133](http://www.electrocastillo.com/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=93&Itemid=133)

[http://www.metalco.net/largos\\_tuberia\\_emt.php](http://www.metalco.net/largos_tuberia_emt.php)

[http://www.unicon.com.ve/electricas\\_conduit\\_EMT.html](http://www.unicon.com.ve/electricas_conduit_EMT.html)

[http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria\\_electrica\\_y\\_electronica/conductores\\_electricos/](http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_electrica_y_electronica/conductores_electricos/)

[http://www.procobre.org/archivos/peru/conductores\\_electricos.pdf](http://www.procobre.org/archivos/peru/conductores_electricos.pdf)

<http://www.voltech.com.mx/cables.php>

[http://www.uclm.es/area/ing\\_rural/instalaciones/protecciones.pdf](http://www.uclm.es/area/ing_rural/instalaciones/protecciones.pdf)

<http://www.scielo.cl/pdf/arq/n76/art19.pdf>

<http://www.recercat.net/handle/2072/207103>

<http://www.dial.de/dial/es/empresa/historia.html> julio de 201energía, m. d. (s.f.).2013

## **ANEXOS**

**CD con:**

**Cronograma GranntProject**

**Presupuesto en Excel**

**Trabajo escrito**

**Registro fotográfico**

**Articulo revista**

**Resumen idioma extranjero**