



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## FACULTAD DE EDUCACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

TEMA:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO, ILUMINACIÓN Y SEGURIDAD DE LOS LABORATORIOS Y ADECUACIÓN DE AMBIENTES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO.”

Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico.

**AUTORES:**

Pozo Tanicuchi Ricardo Javier  
Toapanta Lema Juan Alejandro

**DIRECTOR :**

Ing. Pablo Méndez

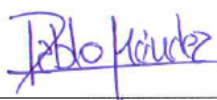
Ibarra, 2014

## ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

Ing. PABLO MENDEZ

### CERTIFICA

Que después de haber examinado el presente trabajo de investigación elaborado por los señores estudiantes, **POZO TANICUCHI RICARDO JAVIER** y **TOAPANTA LEMA JUAN ALEJANDRO** que han cumplido con las normas y las leyes de la Universidad Técnica del Norte, Facultad de Educación Ciencia y Tecnología, Escuela de Educación Técnica en la elaboración de este Trabajo de Grado pudiendo estos realizar la defensa de la misma para la obtención del título de Ingenieros en Mantenimiento Eléctrico.



---

Ing. Pablo Mendez

Ibarra, Febrero del 2014

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de grado les dedico a mis padres por ser la luz y el camino a lo largo de mi vida; que con su enorme sacrificio y comprensión, apoyaron cada uno de mis logros y me animaron en mis fracasos. Gracias a ellos pude cumplir este sueño.

**Ricardo Pozo.**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mis padres por su apoyo y cariño a lo largo de mi vida, a mi esposa por su ayuda para cumplir esta meta, a mi hermana, y principalmente a mis dos tesoros Alejandro Zaid y Samantha Belen.

**Alejandro Toapanta**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios sobre todas las cosas, a mis padres pilares fundamentales en mi vida, gracias por ese apoyo incondicional a lo largo de mi carrera.

A la Universidad Técnica del Norte, Facultad de Educación Ciencia y Tecnología (FECYT), por la excelente labor educativa que realizan día a día.

Agradezco a cada uno de mis maestros, que me impartieron conocimientos durante esta etapa estudiantil, en especial al Ing. Pablo Méndez, Director de Trabajo de grado, por su apoyo, orientación y tiempo, factores que me han permitido concluir exitosamente con este trabajo de investigación.

**Ricardo Pozo.**

## **AGRADECIMIENTO**

Principalmente quiero agradecerle a dios por guiarme en toda mi vida y llegar a cumplir con esta meta en mi vida.

A mis padres que siempre confiaron en mí, a mi hermana por ser mi mano derecha, a mi esposa por todo su apoyo.

Un agradecimiento especial a nuestro tutor Ing. Pablo Méndez quien nos brindó todo su apoyo y supo abrir un espacio dentro de su apretada agenda para ayudarnos en este trabajo de grado Ing. mil gracias.

A los miembros del jurado que dieron su aporte y sugerencias para que la presente tesis sea culminada con éxito.

**Alejandro Toapanta**

## ÍNDICE GENERAL

Aceptación del Director.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Agradecimiento.....	v
Índice General.....	vi
Resumen.....	xiv
Summary.....	xv
Introducción.....	xvi
1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Planteamiento del Problema .....	2
1.3 Formulación del problema.....	2
1.4 Delimitación.....	2
1.4.1 Delimitación espacial.....	2
1.4.2 Delimitación temporal .....	3
1.5 Objetivos .....	3
1.5.1 Objetivo general.....	3
1.5.2 Objetivos específicos.....	3
1.6 Preguntas de investigación .....	3
1.7 Justificación.....	4
2. MARCO TEÓRICO .....	5
2.1 Sistema eléctrico.....	5
2.1.1 Circuitos eléctricos.....	5
2.1.2 Terminología utilizada en el estudio de los circuitos.....	5
2.1.3 Resistencia .....	6
2.1.4 Ley de ohm.....	6
2.1.5 Leyes de Kirchhoff .....	6
2.2 Instrumentos de medición .....	7

2.3	Instalación eléctrica .....	8
2.3.1	Aspectos generales.....	8
2.3.2	Potencia necesaria.....	8
2.3.3	Acometida principal.....	8
2.3.4	Conductores.....	9
2.3.5	Caja general de protección .....	9
2.4	Medidas de protección contra voltajes peligrosos .....	9
2.4.1	Generalidades.....	9
2.4.2	Medidas de protección contra contactos directos.....	10
2.4.3	Medidas de protección contra contactos indirectos.....	10
2.5	Sistemas de puesta a tierra .....	10
2.5.1	Resistividad del terreno.....	11
2.5.2	Elementos que influyen en la resistividad del terreno .....	12
2.5.3	Naturaleza del terreno.....	12
2.5.4	Humedad.....	13
2.5.5	Temperatura.....	14
2.5.6	Estratigrafía del terreno.....	15
2.5.7	Variaciones estacionales y del medio ambiente.....	16
2.5.8	Compactación. ....	17
2.5.9	Comportamiento eléctrico del suelo .....	18
2.5.10	Métodos de medición de la resistividad del terreno.....	18
2.5.11	Características generales de los sistemas puestas a tierra .....	25
2.5.12	Clasificación de los sistemas puesta a tierra.....	26
2.5.13	Materiales de puesta a tierra. ....	30
2.5.14	Calculo de resistencia de puesta a tierra de una malla.....	40
2.5.15	Métodos para la reducción de la resistencia eléctrica.....	44
2.5.16	Cambio del terreno.....	46
2.5.17	Conectores.....	49
2.5.18	Mediciones de resistencia de electrodos a tierra .....	54
2.5.19	Equipos y accesorios de medida.....	55
2.6	Luminotecnia .....	62
2.6.1	Luz .....	63
2.6.2	Iluminación de interiores. ....	63

2.6.3	Iluminación de establecimientos educativos.....	64
2.6.4	Magnitudes y unidades empleadas en iluminación.....	66
2.6.5	Iluminación en aulas académicas.....	70
2.6.6	Tipo de alumbrado.....	73
2.6.7	Lámparas.....	75
2.6.8	Luminaria.....	77
2.6.9	Cálculo de iluminación interior.....	77
2.6.10	Mantenimiento.....	82
2.6.11	Ergonomía.....	84
2.6.12	Confort visual.....	87
2.6.13	Condiciones de contraste adecuadas:.....	88
2.7	Sistema de alarma.....	89
2.7.1	Sistema de alarma convencional.....	90
3.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	95
3.1	Tipo de investigación.....	95
3.1.1	Investigación bibliográfica y documental.....	95
3.1.2	Investigación de campo.....	96
3.2	Métodos.....	96
3.2.1	Método inductivo.....	96
3.2.2	Método deductivo.....	96
3.2.3	Método de análisis.....	97
3.2.4	Método de síntesis.....	97
3.3	Técnicas e instrumentos.....	98
3.3.1	La entrevista.....	98
3.3.2	La observación.....	98
3.3.3	Instrumentos.....	98
4.	PROPUESTA: PROCESO Y RESULTADOS.....	99
4.1	Diagnóstico.....	99
4.2	Ejecución de actividades.....	100
4.2.1	Implementación del sistema eléctrico.....	100
4.2.2	Implementación del sistema puesta a tierra.....	102
4.2.3	Implementación del sistema de iluminación.....	111
4.2.4	Implementación de un sistema de seguridad.....	151



4.3	Análisis y resultados.....	165
4.3.1	Medición de la resistencia puesta a tierra.....	165
4.3.2	Mediciones de iluminancia en el laboratorio de la CIMANELE.....	167
4.4	Sistema de seguridad.....	168
4.5	Estudio económico.....	168
4.5.1	Materiales utilizados.....	168
4.5.2	Mano de obra.....	169
4.5.3	Inversión total.....	169
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	171
5.1	Conclusiones.....	171
5.2	Recomendaciones.....	173

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama que ilustra el concepto físico de la resistividad $\rho$ .....	11
Figura 2. Variación de la resistividad en función de la humedad del terreno.....	14
Figura 3. Variación de la resistividad en función de la temperatura. ....	15
Figura 4. Resistencia a tierra según su estratigrafía y profundidad.....	16
Figura 5. Variación de la resistividad del terreno a lo largo del año. ....	17
Figura 6. Esquema de montaje por el método de Wenner. ....	19
Figura 7. Equipo y conexiones para la medición de la resistividad del suelo por el método de Wenner. ....	21
Figura 8. Esquema de montaje por el Método de Schlumberger. ....	22
Figura 9. Esquema de conexión del sistema simétrico. ....	23
Figura 10. Esquema explicativo en detalle de las partes que componen la puesta a tierra de la electricidad.....	25
Figura 11. Tipos de aterramientos del neutro de una instalación del sistema eléctrico.....	26
Figura 12. Conexión en sistema: Una fase, dos hilos. ....	27
Figura 13. Conexión en sistema: Dos fases, tres hilos.....	27
Figura 14. Conexión en sistema: trifásico con un hilo común a todas las fases.....	28
Figura 15. Conexión en sistema: trifásico conectado en delta. ....	28
Figura 16. Conexión de neutro a tierra.....	29
Figura 17. Conexión a tierra del sistema de las carcasas (masas) de los equipos y aparatos eléctricos. ....	30
Figura 18. Electrodo hemisférico de radio $a$ . ....	34
Figura 19. Distribución del potencial alrededor de un electrodo de punta.....	35
Figura 20. Curvas equipotenciales.....	36
Figura 21. Influencia de la separación entre electrodos en el efecto de apantallamiento.....	36
Figura 22. Electrodo de pica en posición de norma. ....	37
Figura 23. Electrodo de placa y varilla. ....	38
Figura 24. Sistema de malla.....	39
Figura 25. Partes de molde de grafito. ....	52
Figura 26. Encendido del ignitor.....	53
Figura 27. Terminado de soldado.....	53
Figura 28. Medición por el método de caída de potencial. ....	54
Figura 29. Curva de resistencia aparente para las diferentes posiciones del electrodo de potencial. ....	55
Figura 30. Medidor de tierras 4620. ....	56
Figura 31. Configuración del equipo para medir la resistencia puesta a tierra.....	58
Figura 32. Configuración del equipo para medir la resistividad.....	60

<i>Figura 33. Picas de prueba.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 34 Cables del kit del equipo de medida.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 35. Esfera de Ulbricht.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 36. Luxómetro.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 37. Iluminación directa.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 38. Iluminación semi-directa.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 39. Iluminación indirecta.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 40. Iluminación semi-indirecta.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 41 Iluminación difusa.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 42. Alumbrado general.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 43. Alumbrado localizado.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 44 Alumbrado general localizado.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 45. Componentes de alarma básica.....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 46. Lugar elegido para la construcción del proyecto.....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 47 Valor obtenido a una separación de 6 m de pica a pica.....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 48 Diseño de la malla.....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 49. Pozo para relleno.....</i>	<i>109</i>
<i>Figura 50. Introducción del electrodo sobre el GEM y el relleno.....</i>	<i>110</i>
<i>Figura 51. Conexión realizada con soldadura exotérmica.....</i>	<i>110</i>
<i>Figura 52. Croquis con la cuadrícula de puntos de medición Zona 1 Aula de tutoría.....</i>	<i>112</i>
<i>Figura 53. Croquis con la cuadrícula de puntos de medición Zona 2 área de prácticas.....</i>	<i>113</i>
<i>Figura 54. Croquis con la cuadrícula de puntos de medición Zona 3 Laboratorio de Computación.....</i>	<i>114</i>
<i>Figura 55. Croquis con la cuadrícula de puntos de medición Zona 4 Aula 1.....</i>	<i>115</i>
<i>Figura 56 Croquis con la cuadrícula de puntos de medición Zona 5 Aula 2.....</i>	<i>116</i>
<i>Figura 57 Croquis con la cuadrícula de puntos de medición Zona 6 Aula 3.....</i>	<i>117</i>
<i>Figura 58 Croquis con la cuadrícula de puntos de medición Zona 7 Secretariado.....</i>	<i>118</i>
<i>Figura 59. Croquis con la cuadrícula de puntos de medición Zona 8 Director de Carrera.....</i>	<i>119</i>
<i>Figura 60. Croquis con la cuadrícula de puntos de medición Zona 9 Hall de entrada 1.....</i>	<i>120</i>
<i>Figura 61. Croquis con la cuadrícula de puntos de medición Zona 10 Hall de entrada 2.....</i>	<i>121</i>
<i>Figura 62. Dimensiones del aula y altura del plano de trabajo Zona 1 Aula de tutoría.....</i>	<i>123</i>
<i>Figura 63. Luminaria a instalarse.....</i>	<i>123</i>
<i>Figura 64. Dimensiones de la luminaria.....</i>	<i>123</i>
<i>Figura 65. Esquema altura de suspensión luminarias al plano de trabajo.....</i>	<i>124</i>
<i>Figura 66. Distribución de las luminarias en la Zona 1.....</i>	<i>128</i>

<i>Figura 67. Dimensiones del aula y altura del plano de trabajo Zona 2 Área de prácticas.</i>	130
<i>Figura 68. Esquema altura de suspensión luminarias al plano de trabajo.</i>	131
<i>Figura 69. Distribución de las luminarias en el aula.</i>	134
<i>Figura 70. Dimensiones del aula y altura del plano de trabajo Zona 4 Aula 1.</i>	136
<i>Figura 71. Esquema altura de suspensión luminarias al plano de trabajo.</i>	136
<i>Figura 72. Distribución de las luminarias en el aula.</i>	139
<i>Figura 73. Dimensiones y altura del plano de trabajo Zona 9.</i>	141
<i>Figura 74. Esquema altura de suspensión luminarias al plano de trabajo.</i>	142
<i>Figura 75. Distribución de las luminarias en la Zona 9.</i>	145
<i>Figura 76. Dimensiones del aula y altura del plano de trabajo Zona 10.</i>	146
<i>Figura 77. Esquema altura de suspensión luminarias al plano de trabajo.</i>	147
<i>Figura 78. Distribución de las luminarias en la Zona 10.</i>	150
<i>Figura 79. Sensor magnético.</i>	154
<i>Figura 80. Cobertura del sensor de presencia.</i>	155
<i>Figura 81. Terminales DSC LC-100.</i>	157
<i>Figura 82. Sensor de humo.</i>	157
<i>Figura 83. Botón de emergencia.</i>	158
<i>Figura 84. Panel PC 585 DSC.</i>	159
<i>Figura 85. Teclado.</i>	160
<i>Figura 86. Batería de respaldo.</i>	161
<i>Figura 87. Sirena de 30 Watts.</i>	161
<i>Figura 88. Cable UTP categoría 5e.</i>	162
<i>Figura 89. Gabinete metálico.</i>	162
<i>Figura 90. Sensores magnéticos.</i>	164
<i>Figura 91. Sensores de presencia.</i>	164

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Resistividad según el tipo de terreno.</i>	13
<i>Tabla 2. Sección de los conductores de puesta a tierra.</i>	31
<i>Tabla 3. Sección mínima de los conductores de protección.</i>	31
<i>Tabla 4. Valores promedios de resistividad.</i>	47
<i>Tabla 5. Iluminación de establecimientos educativos.</i>	65
<i>Tabla 6. Magnitudes y unidades.</i>	70
<i>Tabla 7 Tipos de fuentes de luz artificial y sus características.</i>	71
<i>Tabla 8. Coeficientes de reflexión.</i>	80
<i>Tabla 9. Nivel de iluminación requerida.</i>	80
<i>Tabla 10. Influencia de los colores.</i>	89
<i>Tabla 11. Valores de resistividad.</i>	103
<i>Tabla 12. Datos del Diseño.</i>	104
<i>Tabla 13. Iluminancia media obtenida.</i>	122
<i>Tabla 14. Dimensiones de la Zona 1.</i>	122
<i>Tabla 15. Características de lámparas a instalarse.</i>	124
<i>Tabla 16. Flujo luminoso de lámparas a instalarse.</i>	124
<i>Tabla 17. Factor de utilización en función de las características del local.</i>	126
<i>Tabla 18. Dimensiones de la Zona 2 Laboratorio CIMANELE</i>	130
<i>Tabla 19. Dimensiones de la Zona 4 Aula 1.</i>	135
<i>Tabla 20. Factor de utilización en función de las características del local.</i>	137
<i>Tabla 21. Dimensiones de la Zona 9 Hall de entrada 2.</i>	141
<i>Tabla 22. Factor de utilización en función de las características del local.</i>	143
<i>Tabla 23. Dimensiones de la Zona 10 Hall de entrada 1.</i>	146
<i>Tabla 24. Factor de utilización en función de las características del local.</i>	148
<i>Tabla 25. Distribución por zonas del sistema de alarma.</i>	153
<i>Tabla 26. Especificaciones técnicas.</i>	154
<i>Tabla 27. Especificaciones técnicas.</i>	155
<i>Tabla 28. Especificaciones técnicas.</i>	157
<i>Tabla 29. Características técnicas PC 585.</i>	159
<i>Tabla 30. Valores de resistencia de puesta a tierra.</i>	166
<i>Tabla 31. Resultados Obtenidos de la Iluminación de la CIMANELE.</i>	167
<i>Tabla 32. Materiales utilizados.</i>	168
<i>Tabla 33. Mano de obra.</i>	169
<i>Tabla 34. Inversión total.</i>	170

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación contribuye al mejoramiento del sistema eléctrico, iluminación y seguridad de laboratorios y a su vez permitió la adecuación de ambientes de la carrera de ingeniería en mantenimiento eléctrico. Este proyecto está constituido por las siguientes secciones: Capítulo I, En esta sección se detalla la necesidad que actualmente tienen los estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrica de poseer un laboratorio bien equipado con todos los implementos necesarios para realizar el estudio teórico práctico de la electricidad y por ende la necesidad de tener un lugar de trabajo que presente las condiciones adecuadas, denotándose así la justificación para el desarrollo del proyecto para el diseño e implementación del Sistema Eléctrico, Iluminación y Seguridad de los Laboratorios y adecuación de Ambientes, además se detalla la delimitación espacial y temporal del proyecto para llevarse a cabo. En el Capítulo II, se describen las principales fundamentaciones teóricas de cada uno de los elementos que constituyen el sistema eléctrico, de iluminación y seguridad del laboratorio con sus respectivas características técnicas. En el Capítulo III se refiere a la Metodología que se aplicó para este trabajo de investigación de acuerdo a la necesidad que se busca, con el fin de brindar una solución óptima, para lo cual se utilizó la investigación descriptiva, documental y de campo. Capítulo IV se detalla la situación de las condiciones anteriores de las aulas, laboratorios y ambientes de la CIMANELE en lo relacionado con su infraestructura, instalaciones eléctricas, iluminación y seguridad, además de los procesos de actividades acerca del diseño, se detallan cálculos, materiales utilizados, inversión total, y resultados para la implementación de mejoras en el laboratorio y las adecuación de sus ambientes. El Capítulo V contempla la redacción de las conclusiones y en base a esto se exponen las recomendaciones que se perfilan para la solución del problema.

## SUMMARY

The present research contributes to the improvement of the electrical system, lighting and security of laboratories and in turn allowed the adaptation of environments engineering career in electrical maintenance. This project consists of the following sections: Chapter I, This section details the need that currently have students of the School of Engineering in Electrical Maintenance of owning a well equipped laboratory with all the necessary for practical theoretical study electricity and hence the need to have a workplace that present the right conditions, thus denoting justification for the project for the design and implementation of the Electrical, Lighting and Safety Laboratories and adequacy of Environments , and is detailed spatial and temporal delineation of the project to be carried out . In Chapter II, we describe the main theoretical foundations of each of the elements of the electrical system, lighting and security lab with their technical characteristics. In Chapter III refers to the methodology that was applied to this research according to the need that is sought, in order to provide an optimal solution, which was used for descriptive research, documentary and field. Chapter IV details the situation of the above conditions of classrooms , laboratories and CIME environments with regard to infrastructure, electrical installations, lighting and security , and processes on the design activities are detailed calculations , materials used , total investment , and results for the implementation of improvements in the laboratory and the adequacy of their environments. Chapter V provides for the drafting of conclusions on this basis and outlines the recommendations that are emerging to solve the problem.

## INTRODUCCIÓN

En el presente estudio se describe las condiciones actuales en que se encuentran los laboratorios y aulas de la CIMANELE, además permite contemplar los espacios físicos adecuados, instalación eléctrica, iluminación y seguridad acorde a las necesidades requeridas, sin pasar por alto, la problemática que se presenta en cuanto a la cantidad y calidad de tomas eléctricos e iluminación, ya que este es otro de los puntos indispensables que permiten obtener un mayor rendimiento y así lograr una mejor cátedra.

La investigación permitió la posibilidad de apoyar con la implementación de un sistema eléctrico, iluminación y seguridad adecuado en los laboratorios y ambientes de la CIMANELE, con esto se contribuyó con la institución educativa y la especialidad.

En toda instalación eléctrica es necesario garantizar la seguridad de las personas que harán uso de ella como también proteger las instalaciones, equipos y bienes en general. Para tal efecto es necesario dotarla de los mecanismos de protección que corresponda. Cuando se trate de instalaciones eléctricas para alimentar muchos aparatos eléctricos con estructuras susceptibles de deterioro desde el punto de vista eléctrico, es fundamental la protección contra falla de aislamiento que originan la aparición de tensiones por contactos indirectos, para minimizar los efectos de dichos contactos, toda instalación eléctrica debe contar con un sistema de protección; el método más efectivo y el que presenta mayor seguridad para las personas es el sistema de puestas a tierra de protección.

Una buena iluminación, además de ser un factor de seguridad, ayuda a la productividad y rendimiento en el trabajo. 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 puntos de iluminación, estos deben suministrar una cantidad de luz suficiente, eliminar todas las causas de deslumbramiento.



## CAPÍTULO I

### 1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Antecedentes

El presente trabajo de investigación se lo presentará como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico. El mismo se ejecutara en las instalaciones de la Universidad Técnica del Norte que está ubicada en la ciudadela el Olivo en la avenida 17 de julio al norte de la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura.

El avance de la infraestructura universitaria, empeñada en la acreditación que brinda el Consejo Nacional de Evaluación y Acreditación de la Educación, ha obligado a equipar sus aulas y laboratorios con modernos equipos electrónicos, los mismos que requieren para su óptimo funcionamiento ciertas condiciones técnicas sugeridas por los fabricantes para así mejorar la enseñanza y aprendizaje de sus estudiantes.

En los actuales momentos, la Universidad Técnica del Norte tiene diversas carreras, entre ellas, una de gran incidencia técnica y tecnológica, es la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico (CIMANELE), la cual a pesar del poco tiempo de creación a tenido una gran aceptación dentro de la población estudiantil, es por eso que la especialidad debe tener diversidad de equipos tecnológicos y laboratorios en perfectas condiciones y aptos para el aprendizaje.

El trabajo tiene como objetivo diseñar e implementar la circuitería eléctrica e iluminación de aulas y laboratorios, así como también la implementación de una alarma de seguridad para el laboratorio de electricidad de la (CIMANELE).

## 1.2 Planteamiento del Problema

Los laboratorios y aulas de la CIMANELE, de la Universidad Técnica del Norte, en los actuales momentos, no cuenta con un sistema eléctrico, iluminación y seguridad adecuado, por lo que las personas, equipos eléctricos y electrónicos podrían verse afectados por fenómenos eléctricos transitorios, además la baja cantidad de tomas eléctricos y luminarias existentes provoca la incomodidad tanto a estudiantes como docentes. Debido a esto se han realizado las consideraciones técnicas necesarias para la implementación de un sistema eléctrico, iluminación y seguridad adecuados para la CIMANELE.

## 1.3 Formulación del problema

¿Cómo diseñar e implementar el sistema eléctrico, iluminación y seguridad de los laboratorios y adecuación de ambientes de la CIMANELE?

## 1.4 Delimitación

### 1.4.1 Delimitación espacial

El proyecto de investigación se llevara a cabo en las instalaciones de la CIMANELE, de la Facultad de Educación Ciencia y Tecnología, de la Universidad Técnica del Norte.

### 1.4.2 *Delimitación temporal*

El proyecto se ejecuta en el año 2013, entre los meses de febrero y noviembre, esto se realiza tomando en cuenta el tiempo que lleva readecuar los laboratorios y aulas de la CIMANELE.

## 1.5 Objetivos

### 1.5.1 *Objetivo general*

Diseñar e implementar el sistema eléctrico, iluminación y seguridad de los laboratorios y adecuación de los ambientes de la CIMANELE.

### 1.5.2 *Objetivos específicos*

- Diagnosticar la situación de las aulas y laboratorios de la CIMANELE en lo relacionado con su infraestructura, instalaciones eléctricas, iluminación y seguridad.
- Diseñar e implementar las instalaciones eléctricas, iluminación y seguridad de los laboratorios de la CIMANELE.

## 1.6 Preguntas de investigación

- ¿Sería conveniente efectuar cambios de la infraestructura existente en las aulas de la CIMANELE?
- ¿Los laboratorios de la CIMANELE cuentan con una protección frente a descargas eléctricas?
- ¿Las instalaciones de la CIMANELE cuentan con un adecuado sistema de iluminación?

## 1.7 Justificación

Al analizar los diferentes problemas que existen dentro de la CIMANELE nos damos cuenta que es necesario adecuar aulas y laboratorios de la carrera por el motivo de no contar con un ambiente adecuado tanto eléctrico, de iluminación y seguridad, de las cuales nombramos algunas: la incomodidad de los estudiantes al no contar con suficientes puntos eléctricos inherentes a los estudiantes y profesores, la mala iluminación, el sistema eléctrico no cumple con las características técnicas necesarias para equipos electrónicos, la inseguridad de equipos y herramientas en el laboratorio, convirtiéndose en un ambiente incómodo para impartir clases.

La formación profesional de las carreras técnicas debe poseer aulas y laboratorios con tecnologías e infraestructura adecuada, y cumplir con la visión que tiene planteada la Universidad Técnica del Norte de formar buenos profesionales.

Cabe recalcar que este proceso de implementación va muy ligado a las situaciones y condiciones en las que se imparten las clases al estudiantado, es por eso que el proyecto tiene como finalidad adecuar aulas y laboratorios con los medios necesarios para conseguir un ambiente adecuado para los estudiantes y los docentes.

## CAPITULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Sistema eléctrico

##### *2.1.1 Circuitos eléctricos*

El circuito eléctrico es el conjunto de elementos activos y pasivos conectados entre sí. Los elementos activos se denominan a los generadores de energía eléctrica como por ejemplo una batería. Y los elementos pasivos se denominan aquellos que consumen esta energía por ejemplo una bobina.

##### *2.1.2 Terminología utilizada en el estudio de los circuitos*

En el estudio de los circuitos eléctricos los términos usados son: Nodos, Mallas y Ramas.

- a. Nodos son las uniones de dos, tres o más cables en un circuito.
- b. Malla es el camino que recorre la intensidad de un nodo y regresando al mismo sin repetir el paso por ningún nodo.
- c. Rama: es el conjunto de dos o más mallas.

### 2.1.3 Resistencia

La resistencia eléctrica es un elemento pasivo que dificulta el libre tránsito de electrones a través de él, su unidad de medida es el Ohmio.

### 2.1.4 Ley de ohm.

Establece la Intensidad que viaja por un circuito, es directamente proporcional al voltaje aplicado e inversamente proporcional a la resistencia del mismo.

$$V=I.R$$

*Ecuación 1*

### 2.1.5 Leyes de Kirchhoff

Engloba dos leyes fundamentales de los circuitos eléctricos. La conservación de la carga y la conservación de la energía eléctrica. Mismas que son muy utilizadas en el análisis de circuitos para encontrar intensidades y tensiones en cualquier punto de un circuito eléctrico.

#### 2.1.5.1 Ley de intensidades

En cualquier nodo, la adición de las intensidades que ingresan en ese nodo es igual a la suma de las intensidades que salen. De forma equivalente, la suma de todas las intensidades que pasan por el nodo son igual a cero.



### 2.1.5.2 Ley de tensiones

En un circuito cerrado, la adición de todas las caídas de voltaje es igual al voltaje total suministrado. De forma equivalente, la adición algebraica de las diferencias de potencial eléctrico en un circuito es igual a cero.

## 2.2 Instrumentos de medición

La intensidad medimos con el amperímetro y se conecta en serie a la carga y obtenemos el resultado en la magnitud denominada amperios (A).

El voltaje lo medimos con el voltímetro y se conecta en paralelo a la carga y el resultado obtenemos en la magnitud voltios (V).

La luminancia la medimos con el luxómetro que tiene incorporado un sensor de iluminación que el resultado de la medición se obtiene en luxes y la unidad de medida (lux).

La Puesta a tierra la medimos con un equipo denominado telurómetro en función de voltaje y resistencia. Existen varios métodos para realizar dicha medición que será profundizado más adelante.

## 2.3 Instalación eléctrica

### 2.3.1 Aspectos generales.

Para toda construcción eléctrica y electrónica debe ser ejecutada bajo la dirección técnica y responsabilidad de un profesional de la rama en mención, y este debe certificar la calidad de la ejecución como el hecho de que todos los materiales y equipos utilizados sean aceptados por el Código Eléctrico Americano (NEC), y la (NEIS NECA 1-2000).

### 2.3.2 Potencia necesaria

Para saber cuál es la potencia eléctrica necesaria, se tiene que hacer un estudio en el cual se observe la potencia que consume cada dispositivo eléctrico correspondiente.

Una vez conocida la potencia necesaria se calculan las secciones de los conductores y las protecciones necesarias para realizar la instalación.

### 2.3.3 Acometida principal

Entrada se servicio conocida comúnmente como acometida es el punto donde las líneas de baja tensión alimentan la Caja General de Protección (CGP), lugar desde el cuál salen los circuitos secundarios.

El calibre del conductor para el suministro de energía a usar es determinado por el tamaño de la carga eléctrica.

### 2.3.4 Conductores

Para elegir un conductor se lo hará considerando la capacidad de transporte de intensidad, una caída de voltaje dentro de los parámetros permitidos, adecuada resistencia mecánica y un buen comportamiento a las condiciones ambientales.

### 2.3.5 Caja general de protección

La Caja general de protección es la que aloja los elementos de protección de la línea de alimentación general.

La instalación se tiene que escoger una caja u otra que proteja la línea general de alimentación, y se tiene que buscar el lugar más idóneo para ubicarla y que puedan acceder los usuarios de la instalación.

## 2.4 Medidas de protección contra voltajes peligrosos

### 2.4.1 Generalidades

Existen dos formas en que un circuito puede ser sometido a cargas eléctricas: Directa e Indirecta:

La Directa es aquella que se toca una parte del cuerpo con el circuito que normalmente se encuentra energizado.

La Indirecta es cuando se toca una parte del cuerpo con una parte del circuito que normalmente se encuentra desenergizado.

#### *2.4.2 Medidas de protección contra contactos directos*

Colocar la parte energizada excluida de la zona alcanzable por una persona.

Coloca partes activas en bóvedas, o recintos similares, accesibles únicamente a personal autorizado.

#### *2.4.3 Medidas de protección contra contactos indirectos*

La mejor medida contra los contactos indirectos es evitar en lo posible que estos se produzcan y esto se logrará si excluimos los diversos puntos de la instalación con objetos que pueden energizarse por error o predeterminadamente.

### 2.5 Sistemas de puesta a tierra

Los sistemas de puesta a tierra aportan de manera importante a la protección y el correcto funcionamiento de los sistemas de energía eléctrica.

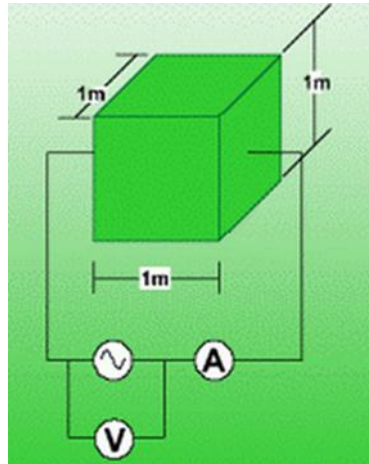
Dado que la mayoría de equipos eléctricos y electrónicos deberían estar conectados a una red de puesta a tierra.

### 2.5.1 Resistividad del terreno.

Se define a la resistividad del terreno, como la resistencia eléctrica que este presenta ante la circulación de una intensidad ya sea esta continua o alterna como se muestra en la Figura 1.

Su unidad está dada normalmente en  $\Omega\cdot m$ , la cual hace referencia a la medida de la resistencia entre las caras opuestas de un metro cúbico de suelo.

Figura 1. Diagrama que ilustra el concepto físico de la resistividad  $\rho$



Fuente: <http://1.bp.blogspot.com/-9E-HCKidpe4/TdV3ZPHYVRI/AAAAAAAAAAU/lknjaXY05SA/s1600/resistividad.gif>

Teóricamente, la resistencia del terreno de cualquier sistema de tierra o electrodo,  $R$ , puede ser calculado usando la fórmula general de resistencia:

$$R = \rho \left( \frac{L}{A} \right)$$

Ecuación 2

$\rho$  = Resistividad de la tierra (ohm-metro)

$L$  = Longitud del trayecto del conductor (metros)

$A$  = Área transversal del trayecto (metros cuadrados)

Para realizar una puesta a tierra es muy importante saber cómo se comporta el terreno, para ello se debe analizar sus características y su mejor manera de hacerlo es conocer el valor de su resistividad, pues desde el punto de vista eléctrico, el suelo es el encargado de activar las intensidad de efecto de falla que lleguen a este por medio de los electrodos de puesta a tierra.

Con el fin de determinar las características del suelo, normalmente se obtienen muestras hasta una profundidad razonable que pueda permitir juzgar la homogeneidad del terreno.

### *2.5.2 Elementos que influyen en la resistividad del terreno*

La resistividad del terreno estará variando ampliamente en todo el globo terrestre, estando determinado por:

- a) Naturaleza del terreno
- b) Humedad
- c) Temperatura
- d) Salinidad
- e) Estratigrafía
- f) Variaciones estacionales y del medio ambiente
- g) Compactación

### *2.5.3 Naturaleza del terreno*

Los terrenos son buenos, regulares o malos de acuerdo a su naturaleza. El conocimiento de su naturaleza es el primer paso para la implementación de una adecuada puesta a tierra.

La resistividad de cada tipo de terreno se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1. Resistividad según el tipo de terreno.

<b>NATURALEZA DEL TERRENO</b>	<b>RESISTIVIDAD <math>\Omega</math>-m</b>
Terrenos pantanosos	De algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plastic	50 a
Margas y arcillas compactas	100 a 200
Margas del jurásico	30 a 40
Arena arcillosa	50 a 500
Arena silíceas	200 a 3000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 500
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1000 a 5000
Calizas agrietadas	500 a 1000
Pizarras	50 a 300

Fuente: Norma IEEE 80-2000  
Elaborado por: Autores de la Investigación

#### 2.5.4 Humedad

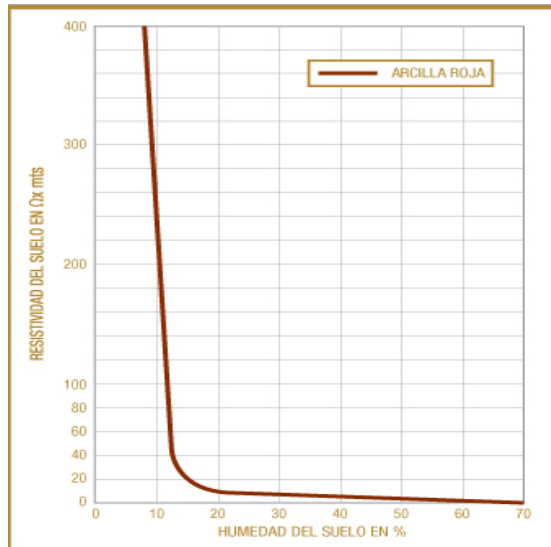
La resistividad que presenta un terreno tiene relación directa a los porcentajes de humedad contenida en él, es decir, depende del estado hidrométrico, al subir la humedad baja la resistividad y al bajar la humedad sube la resistividad.

En todo caso siempre que se añade agua a un terreno baja su resistividad con respecto al que tendría en seco.

El agua concentrada en ellos está estática y en estas circunstancias, se dice que el terreno está saturado de humedad. En la

Figura 2 se puede observar la variación de resistividad en función de la humedad.

Figura 2. Variación de la resistividad en función de la humedad del terreno.



Fuente: [http://www.facbsa.com.ar/img/hojas\\_tecnicas/grafico04.jpg](http://www.facbsa.com.ar/img/hojas_tecnicas/grafico04.jpg)

En lugares de lluvias estacionales hay que tener en cuenta este fenómeno, pues en la época de lluvias el terreno presenta una resistividad muy baja mientras que en la época seca la resistividad es muy alta. En algunos lugares donde estas oscilaciones son muy acentuadas, se deben establecer valores de máximos admisibles de resistividad de los terrenos, uno para la época de lluvias y otro para la época seca.

### 2.5.5 Temperatura

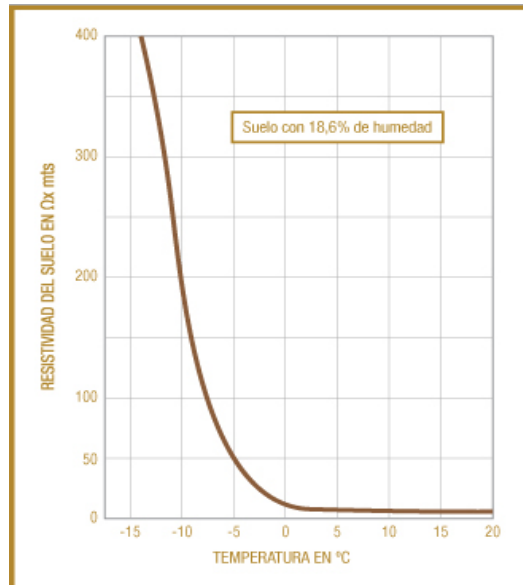
Las características térmicas del terreno serán dependientes de su composición, de su grado de compactación y del grado de humedad.

La resistividad aumenta al disminuir la temperatura, pero cuando se enfría por debajo de cero grados centígrados, la resistividad aumenta muy rápidamente, como se puede ver en la Figura 3.



Al momento que el terreno este a una temperatura inferior a 0° C el agua se congela, formándose hielo, que es aislante eléctrico, ya que el movimiento de los iones del terreno a través del agua se ve detenida al congelarse.

Figura 3. Variación de la resistividad en función de la temperatura.



Fuente: [http://www.facbsa.com.ar/img/hojas\\_tecnicas/grafico05.jpg](http://www.facbsa.com.ar/img/hojas_tecnicas/grafico05.jpg)

### 2.5.6 Estratigrafía del terreno

Los terrenos se encuentran formados en profundidad y capas de diferentes agregados, y por lo tanto de distintas resistividades. La resistividad será una combinación de la resistividad de varias capas y del espesor de cada una de ellas. Entonces la resistividad media o aparente será la combinación de las resistividades de todas las capas que tenga el terreno.

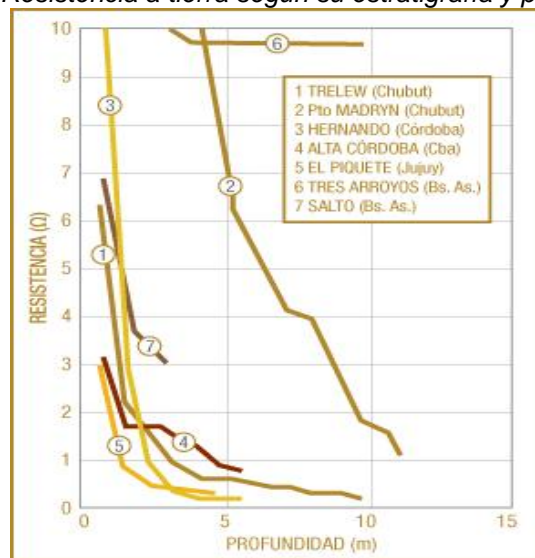
Cuando se desconoce la resistividad de las capas inferiores, obliga al estudio y medición de las mismas si se necesita conocer el valor de la toma a tierra a una profundidad determinada.

En ningún caso se puede extrapolar el resultado de la capa superficial pues la variación de la composición del terreno puede darnos sorpresas significativas.

Si las instalaciones y el terreno nos permiten, debemos aconsejar la instalación de electrodos en profundidad.

Así, si el terreno es malo o el número es grande de picas a instalar o lo accidentado del terreno no lo permite, se colocarán en paralelo pero sabiendo el riesgo que esta decisión supone.

Figura 4. Resistencia a tierra según su estratigrafía y profundidad.



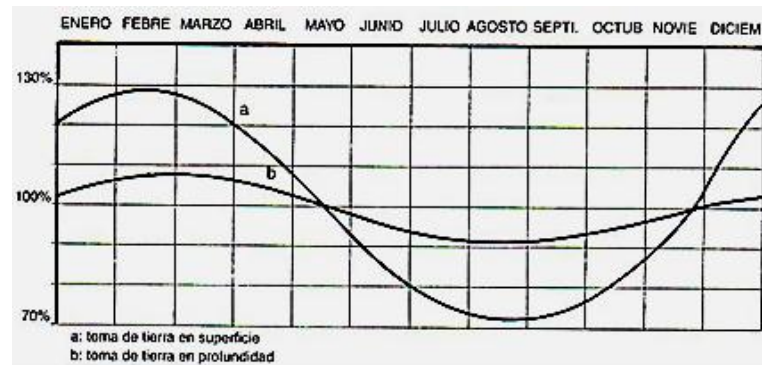
Fuente: [http://www.facbsa.com.ar/img/hojas\\_tecnicas/grafico03.jpg](http://www.facbsa.com.ar/img/hojas_tecnicas/grafico03.jpg)

### 2.5.7 Variaciones estacionales y del medio ambiente

En épocas lluviosas se aproxima a la superficie del terreno, obteniendo éste una resistividad menor que en el periodo de seco, en el que el nivel freático se aleja en profundidad de la superficie.

Como se muestra en la Figura 5. Para conseguir mantener la resistividad lo más uniformemente posible a lo largo del año, es conveniente instalar lo más profundo posibles electrodos en el terreno y proteger lo más posible el suelo de las inclemencias del tiempo.

Figura 5. Variación de la resistividad del terreno a lo largo del año.



Fuente: Martínez R, Juan "Puesta a Tierra en Edificios y en Instalaciones Eléctricas"

En verano la resistividad es mayor que en invierno, además los electrodos enterrados a más profundidad tienen una variación estacional inferior a la de los electrodos enterrados superficialmente.

A medida que enterramos más los electrodos o los coloquemos debajo de las cimentaciones de la instalación, tendremos más garantías de mantener estable el valor de la resistividad.

### 2.5.8 Compactación.

El suelo en condiciones normales y por consecuencia de la gravedad hace que toda materia existente se atraiga, habiéndose acumulado una serie de materiales a través del tiempo, de tal manera que no queda ningún espacio sin ocupar.

### *2.5.9 Comportamiento eléctrico del suelo*

Moyoyama, H (1996) “La tierra representa generalmente un mal conductor (gran contenido de óxido de silicio y óxido de aluminio que son altamente resistivos) pero gracias al amplio volumen disponible, se puede lograr a través de ella los niveles conductivos necesarios para su utilización auxiliar.

La conductividad representa un fenómeno esencialmente electroquímico o electrolítico, y por lo tanto, depende de la cantidad de agua depositada o el nivel de humidificación existente.

Los suelos están compuestos principalmente, por óxidos de silicio y óxidos de aluminio que son muy buenos aislantes; sin embargo la presencia de sales y agua contenida en ellos, mejora notablemente la conductividad de los mismos” (p. 59).

### *2.5.10 Métodos de medición de la resistividad del terreno*

Para llegar a determinar la resistencia de puesta a tierra de una instalación, se debe medir la resistividad del terreno, y luego comprobarla periódicamente en la época más desfavorable.

Si conocemos el valor de la resistividad del suelo con anterioridad a instalar determinamos el tipo de electrodo a utilizar.

Existen varios métodos para encontrar la resistividad del terreno entre los que destacamos los siguientes:

- a) Método de Wenner.
- b) Método de Schlumberger.
- c) Método simétrico.
- d) Método de los tres electrodos.
- e) Método de medición por muestras de suelos.

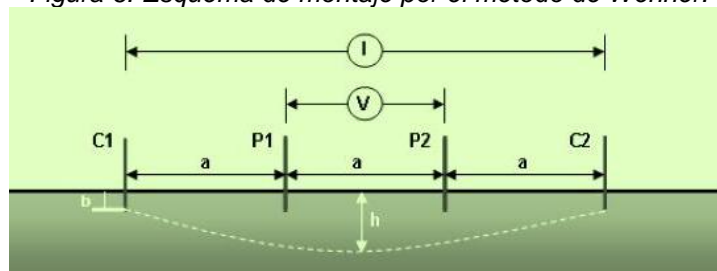
#### 2.5.10.1 Método de Wenner.

“Generalmente la resistividad del terreno se mide por el método universal de cuatro puntos desarrollado por el Dr. Frank Wenner en 1915. El mismo resulta el más seguro en la práctica para medir la resistividad promedio de volúmenes extensos de suelos naturales” (Jinxi 1996).

Este método consiste en calcular la resistividad aparente del terreno colocando cuatro electrodos o picas en el suelo dispuestos en línea recta con la misma distancia «a» entre ellos y a una profundidad «b», luego estos se conectan a los bornes del instrumento de medida denominado telurómetro o Megger mediante cables aislados respectivos.

En la Figura 6 podemos apreciar que al medir la resistividad del espesor de la capa del terreno es directamente proporcional a la separación entre las picas.

Figura 6. Esquema de montaje por el método de Wenner.



Fuente: <http://www.afinidadelctrica.com.ar/html/Image/articulo166-pat/art166-pat-fig1.JPG>

El funcionamiento se aplica de la siguiente manera: al introducir una intensidad  $I$  en el terreno a través de los electrodos de intensidad  $C1$  y  $C2$ , aparecerá en los electrodos de voltaje  $P1$  y  $P2$  una diferencia de potencial  $V$  que mediremos con el aparato como se muestra en la Figura 7.

El medidor tiene una resistencia variable en su interior que es la que varía la intensidad  $I$  que se introduce en el terreno.

El medidor también registra la tensión  $V$  que se detecta entre los bornes de tensión.

La relación entre el Voltaje y la Intensidad (Ley de Ohm), es el valor de la resistencia variable que se registra en el medidor:

$$R = \frac{V}{I} \quad \text{Ecuación 3}$$

De la misma manera el valor de la resistividad aparente que se calculará para un estrato de terreno será:

$$\rho = \frac{4 \cdot \pi \cdot R}{\left(1 + \frac{2}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{2^a}{\sqrt{4a^2 + 4b^2}}\right)} \quad \text{Ecuación 4}$$

A una relación aproximada de  $a > 20 \cdot b$  se recomienda utilizar la siguiente expresión para encontrar la resistividad del suelo.

$$\rho = 2 \cdot \pi \cdot a \cdot R \quad \text{Ecuación 5}$$

Dónde:

$\rho$  = Resistividad promedio en ohmios por metro ( $\Omega\text{m}$ )

$a$  = Distancia de separación entre electrodos.

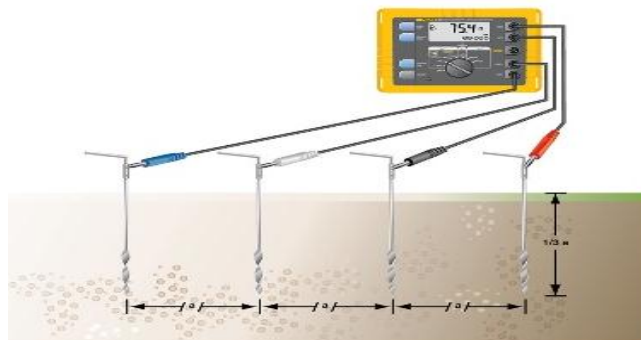
$R$  = Lectura del telurómetro en ohmios ( $\Omega$ )

$\pi = 3.1415926\dots$

No es necesario que las picas auxiliares sean muy largas, pues con introducirlas en el terreno 30 cm es suficiente para obtener unas medidas fiables y cumplir con la relación antes mencionada.

Estos electrodos suelen venir con los equipos y miden alrededor de 60 cm de longitud.

*Figura 7 Equipo y conexiones para la medición de la resistividad del suelo por el método de Wenner.*

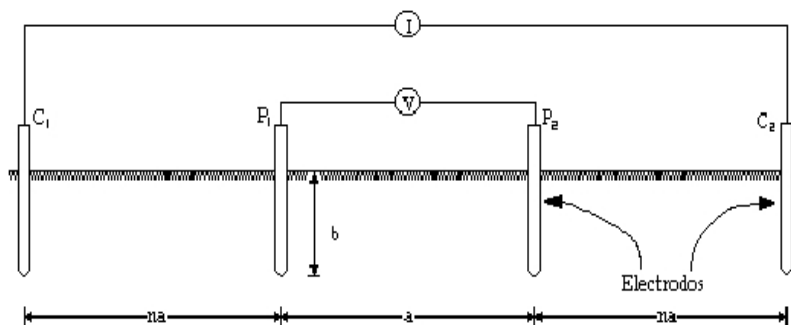


Fuente: [http://www.fluke.com/NR/rdonlyres/1EEF02FE-7067-45D3-8F1A-47B50DA3122B/0/Soilresistivity\\_300p.jpg](http://www.fluke.com/NR/rdonlyres/1EEF02FE-7067-45D3-8F1A-47B50DA3122B/0/Soilresistivity_300p.jpg).

### 2.5.10.2 Método de Schlumberger

Para la siguiente configuración, los cuatro electrodos se tienen que colocar en línea recta manteniendo la separación entre electrodos de potencia (a) constante; mientras que los electrodos exteriores estarán variando su separación a partir de los electrodos interiores, a distancias múltiples (na) de la separación de los electrodos centrales (a). Como se muestra en la Figura 8.

Figura 8. Esquema de montaje por el Método de Schlumberger.



Fuente: Martínez R, Juan "Puesta a Tierra en Edificios y en Instalaciones Eléctricas"

$$\rho = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot a \cdot n(n + 1) \quad \text{Ecuación 6}$$

Algunas de las ventajas de esta configuración son la rapidez con que se realizan las mediciones y la menor sensibilidad a las variaciones del terreno, debido a que sólo se desplazan los electrodos de intensidad, permaneciendo en su lugar los de potencia.

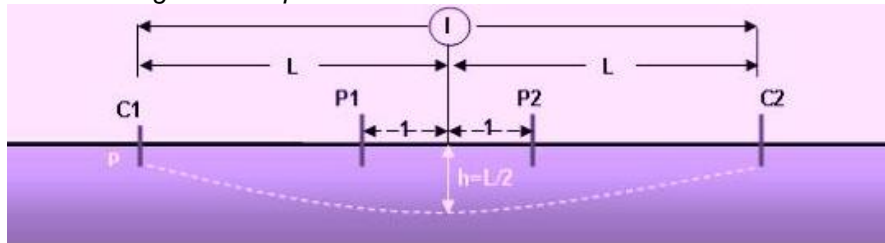
### 2.5.10.3 Sistema simétrico

También podemos variar del método de Wenner, que se utiliza cuando las picas auxiliares no pueden clavarse a espacios regulares. Del mismo modo se utilizan dos electrodos de intensidad y dos de tensión que se conectan a los terminales del aparato. Las primeras serán las exteriores y las otras las interiores. Según se aprecia en la Figura 9, las



cuatro picas se colocan simétricamente respecto de un punto central O debajo del cual queremos medir la resistividad del terreno.

Figura 9. Esquema de conexión del sistema simétrico.



Fuente: <http://www.afinidadelectrica.com.ar/html/Image/articulo166-pat/art166-pat-fig3.JPG>.

La siguiente ecuación tiene relación entre la distancia del electrodo de intensidad y la profundidad o estrato del terreno a la cual se está midiendo la resistividad aparente es:

$$h = \frac{1}{2}L \quad \text{Ecuación 7}$$

Al igual que en el método de Wenner, se irán separando los electrodos de intensidad, y por lo tanto al aumentar la distancia L, de este modo se conocerá el valor de la resistividad a mayor profundidad (h).

Con este método se puede obtener el valor de la resistividad promedio de todas las capas del terreno entre la superficie y una profundidad h. El valor de la resistividad aparente se obtiene por medio de la siguiente expresión:

$$\rho = \frac{\pi(L^2-l^2)}{2l} \cdot R \quad \text{Ecuación 8}$$

Si los electrodos auxiliares no se pueden clavar en el terreno por su dureza o por tratarse de terrenos pedregosos o suelos artificiales de hormigón o similar, se colocarán las picas tumbadas en el suelo sobre bayetas húmedas y después regadas abundantemente. Los valores

medidos de la resistividad que se obtiene son muy similares a los que se obtendrían si se clavaran las picas.

#### 2.5.10.4 Método de los tres electrodos

Básicamente consiste en medir la resistencia de puesta a tierra en un electrodo de dimensiones que se conozcan, en un terreno cuya resistividad se desea conocer.

El cálculo de la resistividad aparente a una profundidad dada, puede obtenerse despejando de la ecuación de la resistencia de la cual se obtiene.

$$R = \frac{\rho}{2\pi \cdot L} \left( \ln \frac{4L}{r} - 1 \right) \quad \text{Ecuación 9}$$

$$\rho = \frac{2\pi \cdot L \cdot R}{\ln \frac{4L}{r} - 1} \quad \text{Ecuación 10}$$

Dónde:

r = radio del electrodo.

$\rho$  = Resistividad aparente para una profundidad L ( $\Omega$ -m).

L = Longitud del electrodo enterrado en contacto con el suelo (metros).

R = Valor medido de la resistencia (ohmios).

#### 2.5.10.5 Método de medición por muestras de suelo

Para la estimación y medir la resistividad de la muestra extraída del terreno, se puede realizar empleando el método de los cuatro puntos en una caja prismática que puede ser pequeña cuadrada, en la que se introduce el material extraído de la probeta respectiva. De esta manera

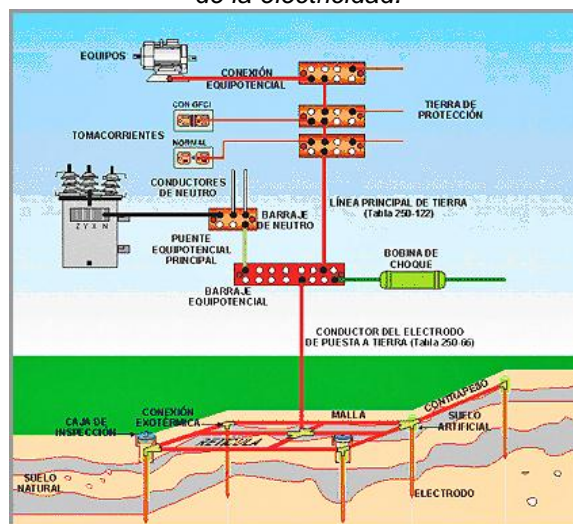
el resultado no es muy exacto al que obtendríamos si realizáramos las pruebas en el terreno real, pero en ocasiones es el único camino posible.

### 2.5.11 Características generales de los sistemas puestas a tierra

Para diseñar los sistemas de tierra se basan en conceptos ya establecidos, pero su correcta aplicación puede llegar a tornarse muy compleja. Los conceptos son ciencia que nos dan la pauta a seguir, pero la construcción y correcto funcionamiento es un arte, ya que cada una de las instalaciones es única en su localización, tipo de suelo, y equipos a proteger.

Se puede llegar a invertir tanto dinero al momento de diseñar y construir un sistema de tierras, por ello se planteara un diseño básico. Como se muestra en la Figura 10.

Figura 10. Esquema explicativo en detalle de las partes que componen la puesta a tierra de la electricidad.



Fuente: [http://telergia.blogspot.com/.shared/image.html?photos/uncategorized/17\\_2.gif](http://telergia.blogspot.com/.shared/image.html?photos/uncategorized/17_2.gif)

### 2.5.12 Clasificación de los sistemas puesta a tierra.

Para su estudio apropiado los sistemas de puesta a tierra se clasifican según su aplicación en:

- a) Puesta a tierra de los sistemas eléctricos.
- b) Puesta a tierra de los equipos eléctricos.
- c) Puesta a tierra en señales electrónicas.
- d) Puesta a tierra de equipos electrónicos.
- e) Puesta a tierra de protección atmosférica.

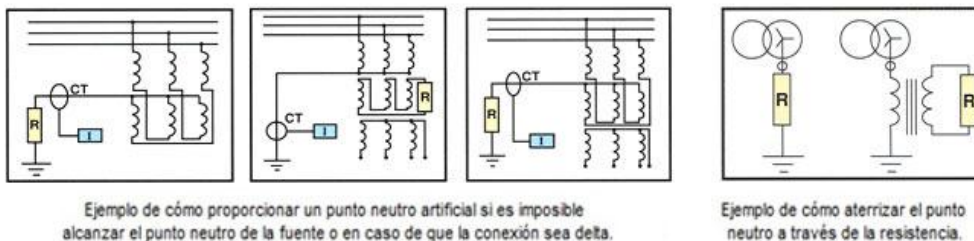
Para nuestro proyecto se profundizara en los primeros dos sistemas.

#### 2.5.12.1 Puesta a tierra de los sistemas eléctricos

El fin de aterrizar los sistemas eléctricos es para frenar cualquier voltaje alto que pueda originarse de rayos, fenómenos de inducción o de contactos indirectos.

Esto se logra uniendo parte del sistema eléctrico a tierra física en la Figura 11 se muestra los diferentes tipos de puesta a tierra del sistema eléctrico.

Figura 11. Tipos de aterramientos del neutro de una instalación del sistema eléctrico.

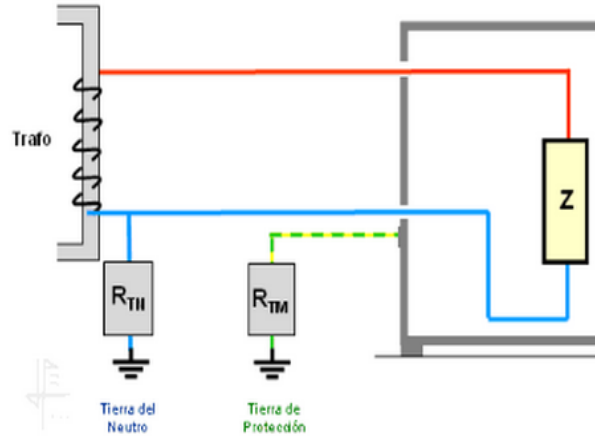


Fuente: [http://www.hilkar.com/es/img/ntd\\_using\\_types.jpg](http://www.hilkar.com/es/img/ntd_using_types.jpg)

En los siguientes sistemas en intensidad alterna se conectará a tierra:

- a) Una fase, dos hilos: El conductor de tierra va conectado como se muestra en la Figura 12.

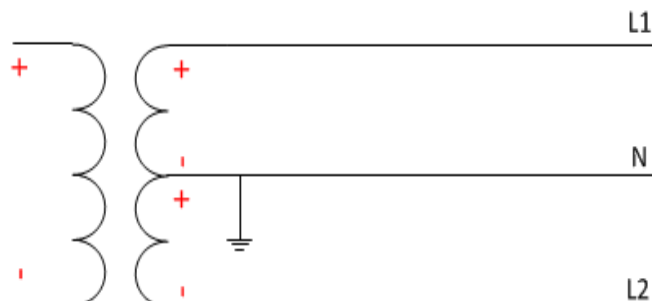
Figura 12. Conexión en sistema: Una fase, dos hilos.



Fuente: <http://www.tuveras.com/seguridad/tierra/ejemplo.gif>

- b) Dos fases, tres hilos: El conductor de retorno en la derivación central del secundario del transformador. Como se muestra en la Figura 13.

Figura 13. Conexión en sistema: Dos fases, tres hilos.

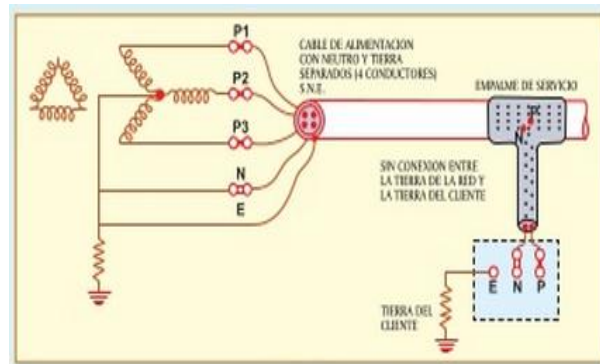


Fuente: <http://lh3.ggpht.com/-DoARBkTNsYo/TzE8r5d-mil/AAAAAAAAADHk/T-zN2IQDRP8/s1600-h/image%5B63%5D.png>

- c) Sistemas trifásicos que tienen un hilo común a todas las fases o conectados en Y.

El conductor común o neutro en la fuente (subestación eléctrica, generador y tablero principal). Como se muestra en la Figura 14.

Figura 14. Conexión en sistema: trifásico con un hilo común a todas las fases.

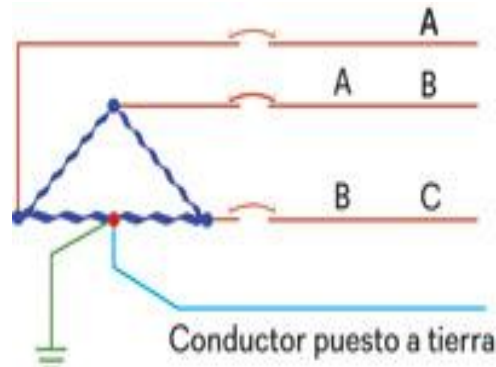


Fuente: <http://image.slidesharecdn.com/mallasdetierra-130312181341-phpapp01/95/slide-6-638.jpg?1363130066>

- d) Sistemas trifásicos conectados en Delta:

El conductor en la derivación central de cualquiera de los tres devanados de la fuente. Como se muestra en la Figura 15.

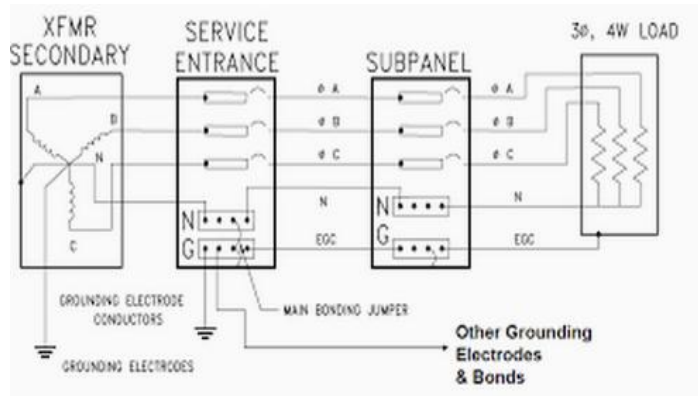
Figura 15. Conexión en sistema: trifásico conectado en delta.



Fuente: <http://constructorelectrico.com/home/wp-content/uploads/2012/07/5Sistema-con-Conexi%C3%B3n-Delta-con-la-Mitad-del-Derivado-Puesto-a-Tierra.jpg>

Los sistemas de intensidad alterna deben conectarse a tierra en cualquier punto entre el secundario del transformador que suministra energía eléctrica al sistema, y el primer elemento de desconexión o de sobrecarga (protección). Como se muestra en la Figura 16.

Figura 16. Conexión de neutro a tierra.



Fuente: [http://2.bp.blogspot.com/\\_lfbCrudCQI/UFoqH1GqnoI/AAAAAAAAABc/EmBefNxfiQY/s320/basicpowersystemwithground3phase.png](http://2.bp.blogspot.com/_lfbCrudCQI/UFoqH1GqnoI/AAAAAAAAABc/EmBefNxfiQY/s320/basicpowersystemwithground3phase.png)

### 2.5.12.2 Puesta a tierra de los equipos eléctricos.

El propósito fundamental es eliminar cualquier diferencia de potencial que ponga en peligro la vida.

Y el correcto funcionamiento del sistema de protecciones por sobre intensidades que atenten con el buen funcionamiento de nuestros equipos.

Se logra si conectamos al punto de conexión del sistema eléctrico con tierra, todas las partes metálicas que pueden llegar a energizarse, mediante un conductor apropiado a la intensidad de cortocircuito del propio sistema en el punto de la conexión.

En el Figura 17 se observan las conexiones a tierra del sistema de las partes metálicas de los aparatos y equipos metálicos eléctricos.

*Figura 17. Conexión a tierra del sistema de las carcasas (masas) de los equipos y aparatos eléctricos.*



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos67/seguridad-laboratorio-pozo-tierra/image053.gif>

### 2.5.13 Materiales de puesta a tierra.

#### 2.5.13.1 Conductor de puesta a tierra.

El conductor de puesta a tierra es el encargado de la comunicación del sistema exterior con la barra equipotencial, para de ahí distribuir a los equipos.

#### 2.5.13.2 Secciones mínimas.

La sección del conductor de protección no debe ser menor que las secciones mostradas en la tabla 2 para los conductores de puesta a tierra, y en la tabla 3 para los conductores de protección de tierra.



“Ningún aparato deberá ser intercalado en el conductor de protección. Las masas de los equipos a unir con los conductores de protección no deben ser conectadas en serie en un circuito de protección, con excepción de las envolventes montadas en fábrica o canalizaciones prefabricadas” (NORMA IEEE 80-2000).

*Tabla 2. Sección de los conductores de puesta a tierra.*

<b>Sección nominal del conductor mayor de la cometida o su equivalente para conductores en paralelo</b>	<b>Sección nominal del conductor de puesta a tierra (cobre)</b>
(mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>2</sup> )
35 ó menor	10
50	16
70	25
95 a 185	35
240 a 300	50
400 a 500	70
Más de 500	95

*Fuente: NORMA IEEE 80-2000.*

*Elaborado por: Autores de la Investigación.*

*Tabla 3. Sección mínima de los conductores de protección.*

<b>Capacidad nominal o ajuste del dispositivo automático de sobre intensidad</b>	<b>Sección nominal del conductor de protección (cobre)</b>
No mayor de (Amp)	(mm <sup>2</sup> )
15	2
20	3
60	5
100	8
200	16
400	25
800	50
1000	70
1200	95
2000	120
2500	185

*Fuente: NORMA IEEE 80-2000.*

*Elaborado por: Autores de la Investigación.*

### 2.5.13.3 *Electrodo y red de electrodos.*

Los electrodos tienen como objetivo principal la transmisión de la intensidad de falla a tierra de una manera segura, garantizando la unión íntima con ella, además disminuyen la resistencia de tierra para dicho propósito. Los electrodos de tierra son: Artificiales, constituidos por barras, tubos, placas, cables y otros elementos metálicos. Naturales, elementos metálicos enterrados en la tierra, utilizados para la puesta a tierra si cumplen condiciones reglamentarias. Cuando los electrodos están lo suficientemente distantes para que la intensidad máxima que pasa por cada uno de ellos modifique al potencial de los otros, se dice que los electrodos de tierra son independientes.

#### 2.5.13.3.1 *Potencial alrededor de un electrodo*

Al pasar la intensidad eléctrica por el electrodo hincado sobre el terreno, aparece en él una caída de voltaje a partir del electrodo. Este potencial está en función de la resistividad del terreno y la densidad de intensidad. Además, la densidad de intensidad a través del electrodo depende de su forma geométrica, colocación y distancia entre electrodos y la distancia hasta el electrodo del punto que se analice. A fines de cálculo asumiremos homogénea la resistividad  $\rho$  del terreno, con la resistencia de los elementos del electrodo menor al del terreno tomando como base al Figura 18 para dichos cálculos. Por la simetría del electrodo la intensidad se distribuye uniformemente. Pablo Díaz (2001) "Si inyectamos una intensidad  $I$  por el centro del electrodo, la densidad de intensidad a una distancia  $r$  será:

$$J = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r^2}$$

Ecuación 11

Debido a la simetría, el vector de intensidad J en coordenadas esféricas, tiene una dirección radial perpendicular a la superficie del electrodo. Su forma puntual aplicando la ley de ohm, para el vector de dirección radial del campo eléctrico E.

$$E = \rho \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r^2} \quad \text{Ecuación 12}$$

Integrando, para encontrar la diferencia de potencial entre los puntos 1 y 2, sobre la superficie del terreno, ubicados a distancias r1 y r2 del centro del electrodo resulta para una expresión de voltaje.

$$V_{12} = \int_1^2 E \cdot dr = \rho \int_{r_1}^{r_2} \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r^2} \cdot dr = \frac{\rho \cdot I}{2 \cdot \pi} \left[ \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right] \quad \text{Ecuación 13}$$

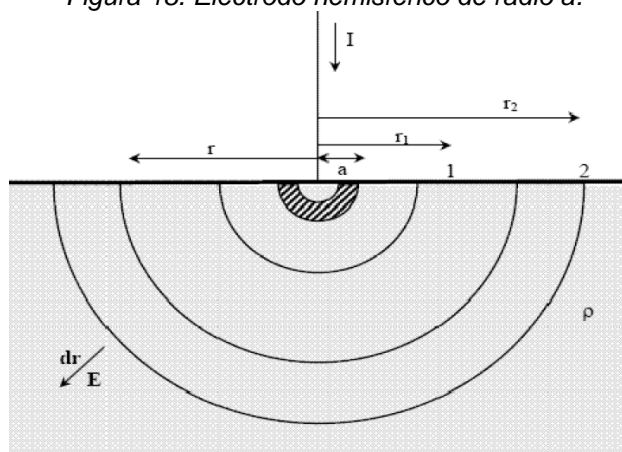
Si hacemos que  $r_2 \rightarrow \infty$  solamente queda el potencial en el punto 1, respecto a una referencia infinita; en consecuencia, para obtener el potencial del electrodo respecto a un punto ubicado a una distancia muy grande ( $r = a$ ), tenemos la ecuación para el voltaje del electrodo”: (p. 52).

$$V = \rho \cdot J = \rho \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot a} \quad \text{Ecuación 14}$$

Es importante tomar en cuenta la variación de potencial cuando se diseña el sistema de aterramiento, por el peligro de este a un ser vital al momento de una intensidad de falla.

En los electrodos simétricos, el voltaje ubicado radialmente en una misma distancia y profundidad, será el mismo.

Figura 18. Electrodo hemisférico de radio  $a$ .



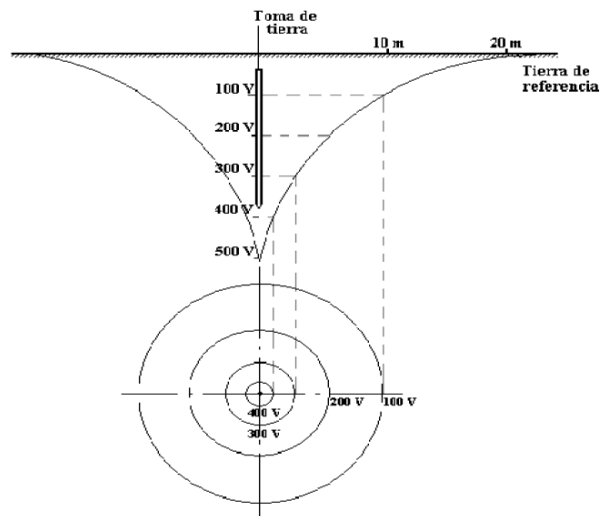
Fuente: Pablo Díaz, "Soluciones Prácticas para la puesta a Tierra de Sistemas Eléctricos de Distribución"

Los puntos equipotenciales se encuentran sobre círculos concéntricos cuyo punto centro coincide con el punto central del electrodo. En los electrodos asimétricos, los puntos equipotenciales sobre la tierra sigue aproximadamente la forma del electrodo.

Pablo Díaz (2001) "En cualquier caso, a medida que se separa del electrodo la diferencia de potencial disminuye. La zona en la que el voltaje entre dos puntos se hace prácticamente igual a cero sobre la superficie, se le llama tierra de referencia" (p. 63).

Se puede dibujar una curva que relacione los voltajes existentes entre la tierra de referencia y puntos ubicados sobre la superficie de la tierra en dirección perpendicular al electrodo, como se puede apreciar en el Figura 19, de esta forma es que varíe la tensión con la distancia.

Figura 19. Distribución del potencial alrededor de un electrodo de punta.

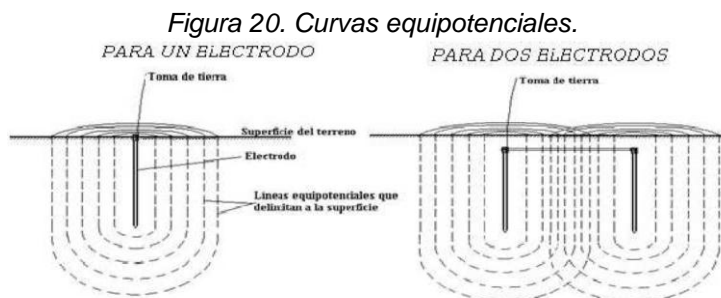


Fuente: Pablo Díaz, "Soluciones Prácticas para la puesta a Tierra de Sistemas Eléctricos de Distribución"

### 2.5.13.3.2 Factor de apantallamiento

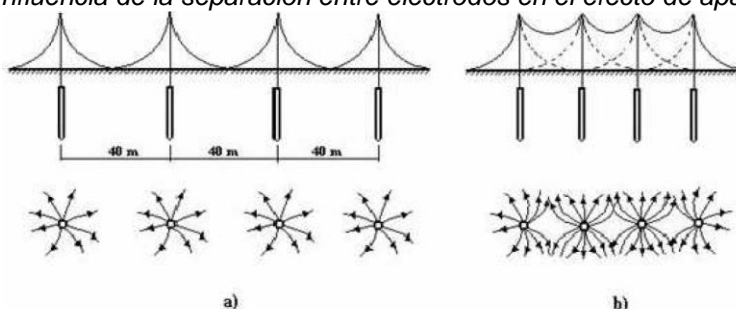
La distribución de la intensidad sobre el terreno es uniforme, si este es homogéneo, y las superficies equipotenciales delimitan las zonas del terreno puestas en serie con respecto al paso de la intensidad. Las secciones aumentan al alejarse del electrodo como en la Figura 20.

Al conectar dos o más electrodos en paralelo mediante uno horizontal de enlace, se dispersa una intensidad a tierra, este resultado de interacción entre zonas de dispersión provoca un solapamiento entre áreas, incrementando estas la resistencia de paso, como se aprecia en la Figura 21.



Fuente: Pablo Díaz, "Soluciones Prácticas para la puesta a Tierra de Sistemas Eléctricos de Distribución"

Figura 21. Influencia de la separación entre electrodos en el efecto de apantallamiento.



Fuente: Pablo Díaz, "Soluciones Prácticas para la puesta a Tierra de Sistemas Eléctricos de Distribución"

#### 2.5.13.4 Tipos de electrodos.

El electrodo de tierra es aquel que tiene como función recoger o botar todo tipo de intensidades de fuga a tierra, ya que este componente del sistema de puesta a tierra tiene contacto directo con el terreno a utilizarse. Los electrodos de deben tener propiedades mecánicas y eléctricas óptimas para responder positivamente a las sollicitaciones y demandas que los afectan durante un período de tiempo relativamente largo. El material debe tener buena conductividad eléctrica y no dañarse dentro de un amplio rango de condiciones y tipos de suelos.

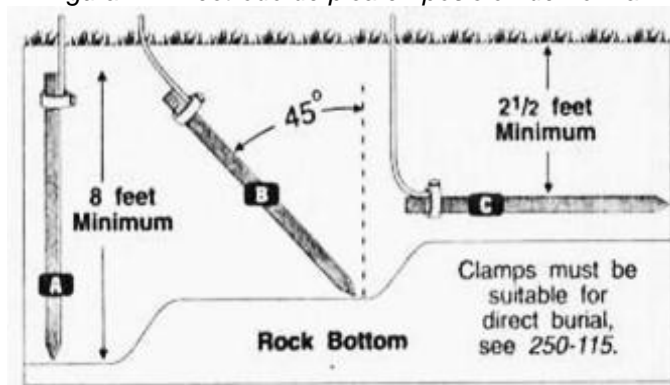
El material preferido generalmente es el cobre. El electrodo puede tomar diversas formas:

Barras verticales, conductores horizontales, placas, combinación de conductores horizontales y barra verticales (mallas de tierra).

a) Electrodo de varilla

Estos electrodos se aplican al suelo hasta que alcanzan la profundidad adecuada. En caso de terrenos rocosos, las varillas no pueden meterse de esa manera; se doblan o solamente no pueden entrar. Si encontramos una roca a menos de 1.80 m, estos electrodos se pueden meter en diagonal hasta con un ángulo de 45° de la vertical, como se puede apreciar en el Figura 22.

Figura 22. Electrodo de pica en posición de norma.



Fuente: [http://3.bp.blogspot.com/\\_iDx7VOrqcFQ/SUZVDQ-BYal/AAAAAAAAAU/8GZ5\\_MWfZK0/s1600-h/electrodo.jpg](http://3.bp.blogspot.com/_iDx7VOrqcFQ/SUZVDQ-BYal/AAAAAAAAAU/8GZ5_MWfZK0/s1600-h/electrodo.jpg)

Podemos calcular la resistencia de contacto de una varilla dada por la fórmula de Dwight:

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \left( 4 \frac{L}{r} \right) - 1 \right) \quad \text{Ecuación 15}$$

Dónde:

$\rho$  es la resistividad del terreno en  $\Omega\cdot\text{m}$ .

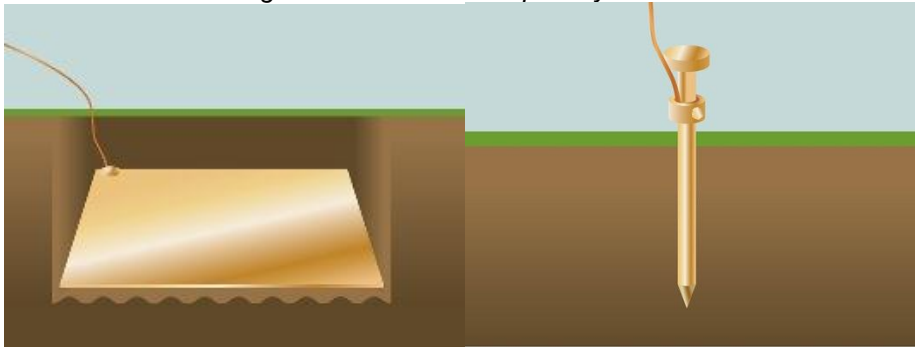
L es el largo de la varilla en m.

r es el radio de la varilla en m.

b) Electrodo de placa

Los electrodos de placa no deberán tener menos de 0.2 m<sup>2</sup> de superficie en contacto con el suelo. Y placas como las de acero o hierro deberán en lo posible tener por lo menos 6.4 mm de espesor. Al ser de material no ferroso deberán ser por lo menos 1.52 mm de espesor. Para utilizar una placa como electrodo, se debe de considerar que su posición adecuada es de forma vertical, instalados a unos 2 m de profundidad, como se puede apreciar en el Figura 23, al colocarla horizontalmente, el terreno debajo de ella se asentaría y separaría del mismo.

Figura 23. Electrodo de placa y varilla.



Fuente:<http://www.fluke.com/NR/rdonlyres/063032a7-EA71-458F-BE80-B6B99EF79A57/0/Singlegroundelectrode.jpg>  
<http://www.fluke.com/NR/rdonlyres/C04E63E7-637D-4C4D-8916-F3039A2ECD3D/0/Meshnetwork.jpg>

Recomendados en los terrenos de la tierra vegetal es de 1 a 1.5 m. La resistencia de tierra es, para la posición vertical:

$$R_T = 0,8 \left( \frac{\rho_T}{P} \right)$$

Ecuación 16

Dónde:

$\rho_T$  es la resistividad del terreno en  $\Omega$ -m.

P es el perímetro de la placa en m.

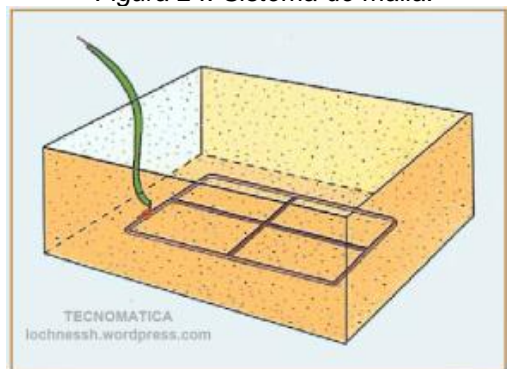


c) Mallas de puesta a tierra

En la mayoría de normas de estaciones eléctricas, requieren de un sistema enmallado de tierra con múltiples electrodos y conductores enterrados, cuando están involucradas tensiones e intensidades eléctricas altas, con el fin de atenuar los riesgos al personal en función de la tensión eléctrica de paso y de contacto.

Mardiguián 2000 dice que “La malla consta de una red de conductores enterrados a una profundidad que usualmente oscila en 0.3 a 1.0 m, colocados paralela y perpendicularmente con un espaciamiento adecuado a la resistividad del terreno y preferentemente formando retículas cuadradas” (p. 53). Como se muestra en la Figura 24.

Figura 24. Sistema de malla.



Fuente: <http://lochnessh.files.wordpress.com/2010/10/pozoblog5.jpg?w=300&h=217>

El cable que forma el contorno exterior de la malla tiene que ser continuo de manera que abarque toda el área en que se encuentren los equipos a proteger.

Con ello, evitamos altas concentraciones de intensidad y diferencias de potencial en el área y terminales cercanos.

Los cables empleados en las mallas de puesta a tierra son los siguientes: acero, acero inoxidable, acero galvanizado, y cobre.

Para evitar la corrosión en terrenos de baja resistividad, algunas compañías eléctricas desde el diseño utilizan en sus mallas de tierras, cable de cobre estañado que sirve para bajar el voltaje electronegativo entre los distintos metales.

Lo primero a considerar en la selección del material es la resistencia a la corrosión.

El cobre es el material más utilizado porque es económico, es un buen conductor, es muy resistente a la corrosión y tiene un punto elevado de fusión (1083 °C).

#### *2.5.14 Calculo de resistencia de puesta a tierra de una malla.*

Para el cálculo de la resistencia de la malla a tierra existen diversos métodos que dependiendo de ciertas condiciones pueden dar de una manera aproximada un valor cercano al real de la malla de tierra de una subestación eléctrica.

NORMA IEEE 80-2000 dice que “Un método simple empleado por Laurent y Nieman, el cual es recomendado por el estándar 80 de la IEEE, utiliza para este cálculo una modificación de la ecuación del electrodo en forma de plato circular, sumándole un segundo término, quedando la expresión de la resistencia de la malla de la siguiente manera” (p. 57).

$$R = \frac{\rho}{4.r} + \frac{\rho}{L}$$

Ecuación 17

Dónde:

R = Resistencia de la malla, en  $\Omega$ .

$\rho$  = Resistividad promedio del suelo, en  $\Omega$ -m.

L = Longitud total del conductor enterrado, en m.

r = Radio de un círculo con igual área que es ocupada por la instalación de puesta a tierra.

El segundo término de la expresión indica que la resistencia de una malla es mayor que la de un plato sólido, y que esta diferencia decrece cuando la longitud del conductor aumenta.

NORMA IEEE 80-2000 dice que “Sin embargo, la resistencia de la malla de tierra determinada mediante la anterior ecuación es una aproximación bastante general puesto que no toma en cuenta factores como por ejemplo la longitud efectiva del conductor de la malla de tierra que está en existencia actualmente.

Por tanto para la determinación de la resistencia de la malla de tierra de una subestación cuando no se conoce de la existencia de electrodos o varillas de tierra y para mallas enterradas a una profundidad de entre 0,25 y 2,5 m; es necesario que se tome en cuenta un factor por la profundidad de enterramiento de la malla lo cual influirá directamente en su resistencia de tierra.

La utilización de este factor y de otros parámetros que influyen directamente sobre la resistencia de la malla lleva a la utilización de la aproximación de Sverak's para la determinación de la resistencia de la malla de tierra de una y la ecuación a utilizar es entonces la que sigue a continuación” (p. 65)

$$R_G = \rho \left[ \frac{1}{L} + \frac{1}{\sqrt{20} \cdot A} \left( 1 + \frac{1}{1+h\sqrt{20/A}} \right) \right]$$

Ecuación 18

Dónde:

$R_G$  = Resistencia de la malla de tierra del área de la S/E, en  $\Omega$

$\rho$  = Resistencia aparente del terreno de la subestación en  $\Omega \cdot m$ .

$L$  = Longitud efectiva del conductor de la malla de la subestación (medido directamente en el plano de la malla de tierra existente actualmente que se desea medir, en m.).

$A$  = Área cubierta por la malla de tierra que se desea medir, en  $m^2$ .

$h$  = Profundidad de la malla de tierra, en m.

Otro método para encontrar y medir el estado de una malla de tierra, cuando se conoce la presencia de electrodos o varillas de tierra se emplea el método de Schwarz, que está basada en la expresión siguiente:

$$R = \frac{R_{11} \cdot R_{22} - R_{12}^2}{R_{11} + R_{22} - 2R_{12}}$$

Ecuación 19

Dónde:

$R$  = Resistencia de la malla de tierra.

$R_{11}$  = Resistencia de los conductores de la malla de tierra.

$R_{22}$  = Resistencia de todas las barras enterradas.

$R_{12}$  = Resistencia mutua entre el grupo de electrodos y los conductores de la malla.

De la ecuación anterior se tiene que cada uno de los parámetros involucrados se calcula de la siguiente manera:

$$R_{11} = \frac{\rho}{\pi \cdot L_{\text{cond}}} \left[ \ln \left( 2 \cdot \frac{L_{\text{cond}}}{\sqrt{d \cdot h}} \right) + \left( K_1 \cdot \frac{L_{\text{cond}}}{\sqrt{A}} \right) - (K_2) \right] \quad \text{Ecuación 20}$$

$$R_{22} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot nb \cdot L_b} \left[ \ln \left( 8 \cdot \frac{L_b}{db} \right) - 1 + \left( \frac{2 \cdot K_1 \cdot L_b}{\sqrt{A}} \right) (\sqrt{nb} - 1)^2 \right] \quad \text{Ecuación 21}$$

$$R_{12} = \frac{\rho}{\pi \cdot L_{\text{cond}}} \left[ \ln \left( 2 \cdot \frac{L_{\text{cond}}}{L_b} \right) + \left( K_1 \cdot \frac{L_{\text{cond}}}{\sqrt{A}} \right) - (K_2) + 1 \right] \quad \text{Ecuación 22}$$

Dónde:

$L_b$  = Longitud de las barras.

$L_{\text{cond}}$  = Longitud de los conductores de la malla.

$d$  = Diámetro de los conductores.

$db$  = Diámetro de las barras.

$h$  = Profundidad de la malla.

$nb$  = Número de barras.

$A$  = Área cubierta por la malla.

$K_1$  y  $K_2$  = Son constantes que dependen de la relación largo y ancho de la malla, para lo cual se calcula con las siguientes expresiones:

$$K_1 = 1.43 - \frac{2.3 \cdot h}{\sqrt{A}} - 0.044 \cdot \left( \frac{a}{b} \right) \quad \text{Ecuación 23}$$

$$K_2 = 5.5 - \frac{8 \cdot h}{\sqrt{A}} + \left( 0.15 - \frac{h}{\sqrt{A}} \right) \left( \frac{a}{b} \right) \quad \text{Ecuación 24}$$

Dónde:

$a$  = ancho de la malla (m)

$b$  = largo de la malla (m)

### *2.5.15 Métodos para la reducción de la resistencia eléctrica.*

Miguel de la Vega Ortega (2002) dice que “Existen distintos métodos para lograr la reducción de la resistencia eléctrica, aunque todos ellos presentan un punto de saturación que es conveniente conocer para evitar diseños antieconómicos” (p. 165). Los métodos para la reducción son los siguientes:

- a) El aumento del número de electrodos en paralelo.
- b) El aumento de la distancia entre ejes de los electrodos.
- c) El aumento de la longitud de los electrodos.
- d) El aumento del diámetro de los electrodos.
- e) El cambio del terreno existente por otro de menor resistividad.
- f) El tratamiento químico electrolítico del terreno.

#### *2.5.15.1 El aumento del número de electrodos en paralelo.*

La acción de aumentar electrodos conectados en paralelo hace que disminuya el valor de la resistencia equivalente, pero esta no es lineal puesto que la reducción es curva y tiene tendencia asintótica en los electrodos 6to o 7mo, y además tenemos el fenómeno de la resistencia recíproca.

En la ecuación de adición de resistencias en paralelo, al aumentar un electrodo (el segundo) tendremos aproximadamente 150  $\Omega$  al sumar un tercero 100  $\Omega$  y para llegar a tener 5  $\Omega$  tendríamos que clavar 60 electrodos.

### 2.5.15.2 *El Aumento de la Longitud y el diámetro de los electrodos*

La longitud del electrodo está en función a la resistividad y profundidad de las capas del terreno, de tal manera que se prefiere colocar el electrodo dentro de la capa de menor resistividad.

Por otro lado debemos indicar antes de proseguir con las demás variables que los resultados están ligados íntimamente a la resistividad del terreno donde se está trabajando teniendo valores que oscilan entre 200 a 600  $\Omega$ -m en condiciones normales, si utilizamos la fórmula de la Resistencia:  $R = (\rho/2\pi l) * \ln (2l/d)$  en el mejor de los casos conseguiremos una Resistencia de  $0.5\rho$  con un electrodo de dimensiones comunes y usuales; luego conseguir la reducción recomendada se podrá llegar a un valor estimado de  $0.1\rho$  lo cual en la realidad nos resulta un valor aproximado de 20  $\Omega$  para el caso más favorable. De tal manera que este valor muy alto para Sistemas de Tierra usados en Pararrayos, Centros de Cómputo y Telefonía.

El incremento del diámetro del electrodo debe que ser significativo para que su aporte y reduzca significativamente la resistencia, debido a que en la ecuación de la resistencia, el producto de la longitud por el diámetro del electrodo se multiplica por un logaritmo natural.

### 2.5.15.3 *El aumento de la distancia entre ejes de los electrodos*

Usualmente la distancia que hay entre ejes de los electrodos debe ser  $\geq 4L$  siendo L la longitud del electrodo; pero en casos donde se requiera calcular resistencias muy bajas y se tenga disponibilidad del área del terreno, las distancias entre ejes de los electrodos debe ser lo más

lejano posible; pues se es mayor distancia entre los electrodos, mayor será la reducción de la resistencia a obtener; y ello por el fenómeno de la resistencia compartida entre electrodos.

#### *2.5.16 Cambio del terreno*

Los terrenos pueden ser cambiados en su totalidad, un terreno rico en sales naturales, rocosos, pedregosos, etc., que son terrenos de muy alta resistividad y parcialmente podemos cambiar cuando el terreno está conformado por varios componentes de alta resistividad; para conseguir un terreno con menos resistividad se utilizará el removimiento del terreno donde se procede a desechar las piedras contenidas en el.

El cambio total o parcial del terreno tendrá que ser lo necesario para que el electrodo tenga un radio de 0 a 0.50 m de baja resistividad en todo el radio así como en su fondo.

En un electrodo la resistencia crítica se encuentra en un radio que va de 0 a 0.5 m, por lo que se tendrá sumo cuidado con las medidas de los pozos para los electrodos proyectados.

El porcentaje de reducción en estos casos es complicado de deducir, debido a los factores que intervienen son: resistividad del terreno en estado natural, resistividad del terreno de reemplazo total o parcial, adherencia por la compactación del electrodo, pero tendremos una idea porcentual más menos en función al tipo de terreno y al cambio parcial o total.



En lugares de alta resistividad donde se reemplazó el terreno de los pozos en forma total, el porcentaje está alrededor de 50 a 70% de reducción de la resistencia eléctrica.

Para terrenos de media resistividad donde se reemplazó el terreno de los pozos en forma parcial o total, el porcentaje de reducción puede estar como sigue:

- a) Cambio parcial de 20 a 40% de reducción de la resistencia eléctrica resultante.
- b) Cambio total de 40 a 60% de reducción de la resistencia eléctrica resultante.
- c) Cambio parcial de 20 a 40% de reducción de la resistencia eléctrica resultante.
- d) Cambio total de 40 a 60% de reducción de la resistencia eléctrica resultante.

Para terrenos de baja resistividad donde se reemplazará el terreno de los pozos de forma parcial, el porcentaje de reducción puede estar en el 20 a 40 % de la resistividad natural del terreno. Los valores medios de resistividad se muestran en la Tabla 4.

*Tabla 4. Valores promedios de resistividad.*

<b>NATURALEZA DEL TERRENO</b>	<b>VALOR MEDIO DE RESISTIVIDAD</b>
Terrenos cultivables, fértiles, compactos y húmedos	40 - 100 $\Omega$ m
Terrenos cultivables poco fértiles	100 - 500 $\Omega$ m
Suelos pedregosos desnudos, arena seca permeable	500 - 3000 $\Omega$ m
Suelos rocosos fraccionados	3000 - 6000 $\Omega$ m
Suelos rocosos compactos	6000 - 14000 $\Omega$ m

*Fuente: NORMA IEEE 80-2000.  
Elaborado por: Autores de la Investigación.*

### 2.5.16.1 *Tratamiento químico del suelo*

El tratamiento químico del suelo surge como un medio de mejorar y disminuir la resistencia eléctrica del SPAT sin necesidad de utilizar gran cantidad de electrodos.

Para elegir el tratamiento químico de un SPAT se deben considerar los siguientes factores:

- a) Alto % de reducción inicial.
- b) Facilidad para su aplicación.
- c) Tiempo de vida útil (del tratamiento y de los elementos del SPAT).
- d) Facilidad en su reactivación.
- e) Estabilidad (mantener la misma resistencia durante varios años).

Las sustancias que se usan para un eficiente tratamiento químico deben tener las siguientes características:

- a) Higroscopicidad - Alta capacidad de Gelificación.
- b) No ser corrosivas - Alta conductividad eléctrica.
- c) Químicamente estable en el suelo.
- d) No ser tóxico.

#### 2.5.16.1.1 *Tipos de tratamiento químico.*

Para tratar químicamente el suelo surge como un mecanismo de mejora y disminución de la resistencia eléctrica del SPAT sin llegar a utilizar una gran cantidad de electrodos.

Para elegir el tratamiento químico de un SPAT se deben considerar los siguientes factores:

- f) Alto % de reducción inicial.
- g) Facilidad para su aplicación.
- h) Tiempo de vida útil (del tratamiento y de los elementos del SPAT).
- i) Facilidad en su reactivación.
- j) Estabilidad (mantener la misma resistencia durante varios años).

Las sustancias que se usan para un eficiente tratamiento químico deben tener las siguientes características:

- e) Higroscopicidad - Alta capacidad de Gelificación.
- f) No ser corrosivas - Alta conductividad eléctrica.
- g) Químicamente estable en el suelo.
- h) No ser tóxico.

#### *2.5.16.1.2 Tipos de tratamiento químico.*

Existen diversos tipos de tratamiento químico para reducir la resistencia de un SPAT los más usuales son:

- a) Cloruro de Sodio + Carbón vegetal.
- b) Bentonita.
- c) GEM.

#### *2.5.17 Conectores*

Las conexiones entre los diferentes elementos deben ser mecánicamente robustas, tener una buena resistencia a la corrosión y baja resistividad eléctrica. Es prudencial evitar uniones y conexiones innecesarias.

Debe considerarse el tiempo y el valor de intensidad de falla que se espera que soporte el sistema de tierra. Los métodos de unión utilizados son: mecánicos, soldadura en fuerte (bronceado), soldadura exotérmica y soldadura por fusión autógena.

#### *2.5.17.1 Conexiones mecánicas*

La más frecuente es la conexión apernada y la conexión por compresión (abrazadera). Es fundamental una conexión eléctrica de baja resistencia. En las conexiones apernadas, debe tenerse cuidado con el tamaño de los agujeros taladrados para acomodar el perno para no dañar la capacidad de transporte de intensidad de la cinta o barra.

Para la unión de distintos tipos de conductores, por ejemplo barras de tierra a cinta o cable se dispone de abrazaderas apropiadas.

#### *2.5.17.2 Uniones Exotérmicas*

Se realiza en un molde de grafito estos son hechos según el tipo de unión y el calibre de conductor que se vaya a usar.

Se usa un pistola especial para este tipo con la cual se enciende la mezcla de polvos de aluminio y oxido de cobre la reacción química que se crea al encender esta mezcla crea una soldadura de los conductores toda esta reacción se produce al interior del molde.

#### 2.5.17.2.1 *Generalidades de soldadura exotérmicas*

La soldadura más usada en las puestas a tierra es la soldadura cuproaluminotérmica este tipo de soldadura el cobre de fusión llega a una temperatura superior a 2000°C. Esta fusión se realiza en un molde de grafito por las altas temperatura que llega a tener la colada de cobre fundido.

#### 2.5.17.2.2 *Principio de funcionamiento*

El proceso de soldado por medio de la reacción exotérmica se basa en el efecto reductor del aluminio. En nuestro caso que es una soldadura de cobre usamos óxido de cobre y aluminio el proceso se detalla a continuación:

- a) Al iniciar la reacción de soldadura el aluminio se oxida debido al óxido de cobre esto genera una alta temperatura soldando mientras el óxido de aluminio es eliminado como escoria.
- b) El óxido de aluminio debido a que posee un peso específico menor no interviene con el óxido de cobre fundido.
- c) Esta soldadura se la realiza en un molde de grafito, estos son de diferente tipo de acuerdo a la unión que se realice para así el cobre fundido ataque a todas las piezas a ser soldadas.

#### 2.5.17.2.3 *Ventajas técnicas*

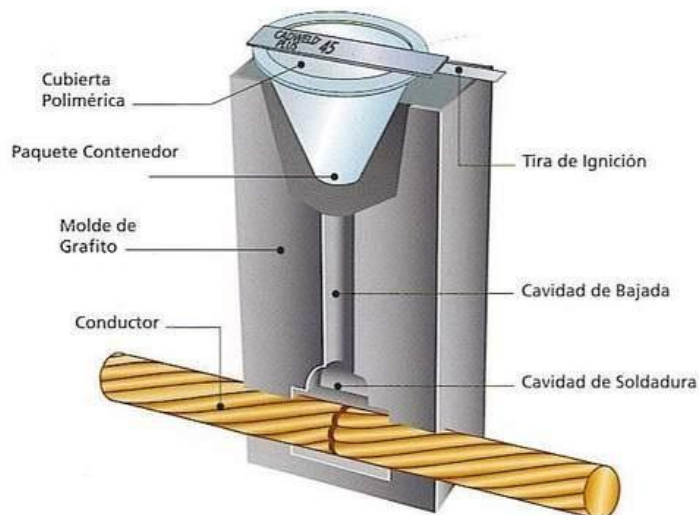
Esta conexión presenta todas las ventajas frente a conectores y demás uniones ya que las uniones convencionales presentan corrosión

en sus superficies sobrepuestas y fatiga mecánica por exceso de torque al ajuste o compresión.

#### 2.5.17.2.4 Partes de un molde

En el Figura 25 podemos observar las distintas partes que componen un molde de grafito para la realización de soldaduras cuproaluminotérmica.

Figura 25. Partes de molde de grafito.



Fuente: [http://images02.olx.com.co/ui/19/52/74/1378655238\\_543604874\\_4-Moldes-de-grafito-para-soldadura-exotermica--Compra-Venta.jpg](http://images02.olx.com.co/ui/19/52/74/1378655238_543604874_4-Moldes-de-grafito-para-soldadura-exotermica--Compra-Venta.jpg)

#### 2.5.17.2.5 Procesos de la soldadura.

El proceso se inicia encendiendo el ignitor el cual provoca que se encienda la mezcla de óxido de cobre y aluminio, esta mezcla se funde a más de 2000° C convirtiéndose en cobre y aluminio fundido. Como se muestra en la Figura 26

Figura 26. Encendido del ignitor.



Fuente:[http://telergia.blogs.com/.shared/image.html?/photos/uncategorized/2007/05/11/encendido\\_soldadura.jpg](http://telergia.blogs.com/.shared/image.html?/photos/uncategorized/2007/05/11/encendido_soldadura.jpg)

Por ser el cobre líquido más pesado este tiende a bajar al fondo del molde derritiendo el disco metálico por efecto de la temperatura. Una vez que se derrite el disco metálico, se dirige a través del canal de colada hacia la cavidad de moldeo donde se encuentran los elementos a soldar. En el mismo, se funde casi instantáneamente las piezas, provocando una unión molecular.

El aluminio al haberse oxidado a expensas del óxido del cobre, se convierte en óxido de aluminio. La cavidad del molde se llena totalmente del cobre líquido. Con esto se logra una soldadura con una mayor unión molecular y por ende mayor capacidad de conducción de corriente. La soldadura terminada se muestra en la Figura 27.

Figura 27. Terminado de soldado



Fuente:[http://2.bp.blogspot.com/-Pv03A\\_xeDZM/ThnpXRd9qql/AAAAAAAAABm4/uNGP-PyPtCg/s1600/cuproalu%2B3.JPG](http://2.bp.blogspot.com/-Pv03A_xeDZM/ThnpXRd9qql/AAAAAAAAABm4/uNGP-PyPtCg/s1600/cuproalu%2B3.JPG)

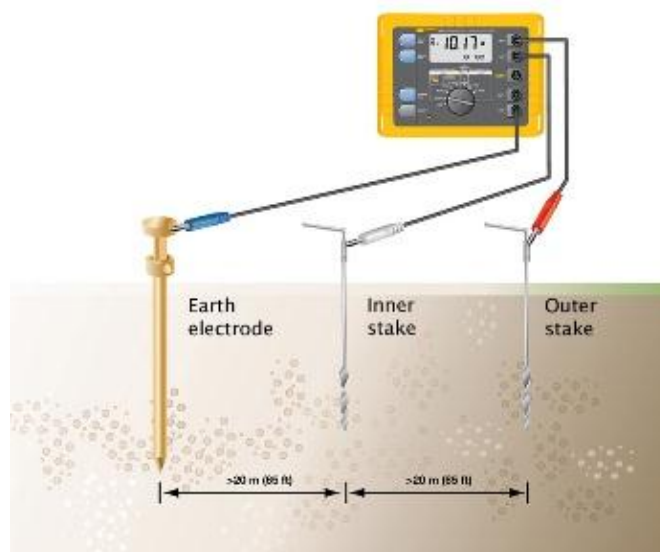
## 2.5.18 Mediciones de resistencia de electrodos a tierra

Uno de los más utilizados para la medición de la resistencia puesta a tierra es el de caída de potencial, también conocido como el método del 62% o de los tres puntos.

### 2.5.18.1 Método de caída de potencial

En este método se hace circular una corriente eléctrica a través del sistema de tierra, con esto medimos la caída de potencial producida en el sistema y la pica de potencial utilizada., la finalidad del electrodo de corriente es cerrar el circuito para que las corrientes circulen por el sistema a medir. Como se muestra en la Figura 28.

Figura 28. Medición por el método de caída de potencial.



Fuente: [http://www.fluke.com/NR/rdonlyres/CB23A3D4-9D43-4F8C-B1F9-5DFDB6179A19/0/Fallofpotentialmeasurement\\_300p.jpg](http://www.fluke.com/NR/rdonlyres/CB23A3D4-9D43-4F8C-B1F9-5DFDB6179A19/0/Fallofpotentialmeasurement_300p.jpg)

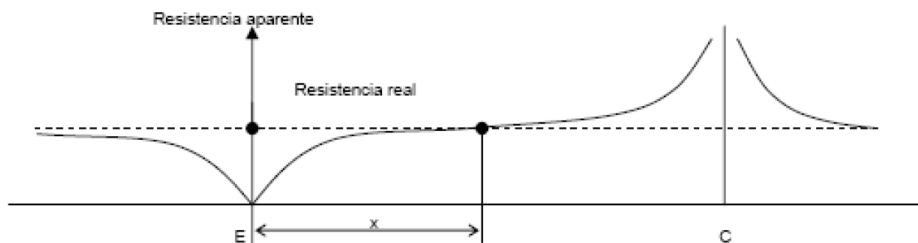
Para la ubicación de la pica de corriente debemos tomar en cuenta las dimensiones del sistema de puesta a tierra a medir.



Una distancia de partida que podríamos tomar en cuenta es 5 veces la diagonal mayor del sistema medido.

La distancia de la pica de potencial dependerá de la ubicación del electrodo de corriente, su ubicación más común es 0.62 la distancia del electrodo de corriente, es por eso que a este método se lo llama del 62%.

Figura 29. Curva de resistencia aparente para las diferentes posiciones del electrodo de potencial.



Fuente: Pablo Díaz, "Soluciones Prácticas para la puesta a Tierra de Sistemas Eléctricos de Distribución"

Al realizar mediciones, cambiando las de las picas de corriente y tensión, se obtendrá una curva de resistencia aparente. La zona de la curva que aparece indica la resistencia real del sistema a tierra. Como se muestra en la Figura 29.

### 2.5.19 Equipos y accesorios de medida.

#### 2.5.19.1 Telurómetro.

Para realizar las mediciones de resistencia se deberá utilizar un instrumento de medida llamado Telurómetro el cual tiene cuatro jabalinas o picas en las dos extremas circulara una corriente y las dos centrales nos medirá una tensión de manera que el instrumento de medida nos mostrara el valor de resistencia.

### 2.5.19.2 Características técnicas del telurómetro A EMC 4620,4630

Los 4620 y 4630 son óhmetros de tierra y resistividad de terreno con una pantalla digital. Como se muestra en la Figura 30.

Los mejores resultados se obtiene en condiciones difíciles, en presencia de tensiones parásitas, de corriente telúricas elevadas, de tomas auxiliares altamente resistivas, conforme a las normas NF En 611010-1 + a2, NF EN 61557 parte 1 y 5, NF EN 61326-1 +A1

Para facilitar la manipulación, el aparato está dotado de:

- a) Una activación de la medida mediante un botón pulsador único.
- b) Un sistema de conmutación automático del calibre de medida.
- c) Una pantalla de cristales liquido retro iluminada de grandes dimensiones.
- d) Tres indicadores luminosos que indican la presencia de fallos susceptibles de invalidar el resultado de la medida.
- e) Cuatro bornes de colores para facilitar la conexión de los cables.
- f) Un puente de conexión imperdible.

Figura 30. Medidor de tierras 4620.



Fuente: Manual AEMC 4620

- a) Cuatro bornes de medida con las referencias E(X), ES (Xv), S(Y) y H (Z).
- b) Toma de red eléctrica dotada de una tapa para protegerlo del polvo (solamente en el 4630), Indicador luminoso de carga de la batería (solamente en el 4630), si está encendido y fijo significa que la batería está cargando. La carga se ha completado cuando el indicador cambia de color.
- c) Pantalla LCD iluminada que se enciende cada vez que se indica la medida.

En el display se visualiza la medida. El signo “menos” nos indica que los cables de medida están invertidos. Si aparece el signo 1 nos indica que el valor de resistencia a superado los 1999  $\Omega$ .

- d) Porta fusibles
- e) Botón pulsador de medida. Cuando se suelta este pulsador, el aparato se apaga.
- f) Tres indicadores luminosos que parpadean cuando la medida no es válida que son :

Fault: Si la resistencia en el circuito corriente es demasiado elevada.  
Si la tensión parasita en el circuito corriente es demasiado importante.  
Si el fusible es defectuoso.

High resistencia: Significa que la medida corre el riesgo de verse afectada por la resistencia en el circuito de tensión SES.

High noise: Si hay demasiados parásitos en el circuito tensión S ES, la electrónica se satura y la medida deja de ser válida.

Zumbador: El aparato posee un zumbador que emite una señal sonora cuando se conecten los bornes del aparato a una fuente de tensión. El nivel sonoro es proporcional a la tensión hasta 30V aproximadamente, y luego se estabiliza.

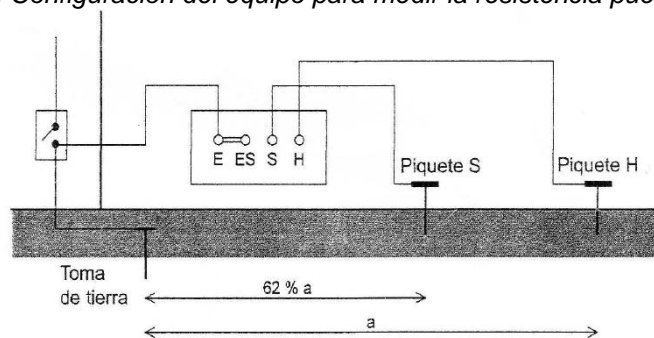
### Utilización

- a) Conecte los cables al equipo guardando la correspondencia de colores entre bornes y cables.
- b) Conecte los cables a las piquetas con la ayuda de las pinzas cocodrilo.
- c) Pulse el pulsador y lea el resultado de la medida.

Medida de resistencia de una toma de tierra.

Para medir la resistencia de una toma de tierra, se aconseja utilizar el método del “62·%” (método de las 2 piquetas). Esta medida se lo realizara con los demás elementos del kit de tierra.

Figura 31. Configuración del equipo para medir la resistencia puesta a tierra.



Fuente: Manual de Uso Medidor de tierras 4620.

Para realizar esta medición se debe cortar la alimentación y desconectarla de la tierra abriendo el puente de tierra. Los pasos a seguir son los siguientes:

- a) Realizar un cortocircuito con los bornes E y Es con la ayuda del puente correspondiente y conéctelos a la tierra por medir.
- b) Clave lo más profundamente posible la piqueta H, a una distancia "a" de la toma de tierra a medir.

NOTA: Esta distancia será tanto más grande cuanto que la toma de tierra sea profunda (zona de influencia más amplia). Se aconseja una distancia "a" 25m.

- c) Clave la piqueta S en línea con la toma de tierra E y la piqueta H, a una distancia aproximada al 62% de "a".
- d) Conecte las piquetas a los bornes con los cables respectivos respetando la correspondencia de colores.
- e) Pulse el botón pulsador hasta que aparezca la medida. Cerciórese de que ninguno de los tres testigos parpadea, de lo contrario compruebe el montaje (Señalización de fallos) y vuelva a realizar la medida.

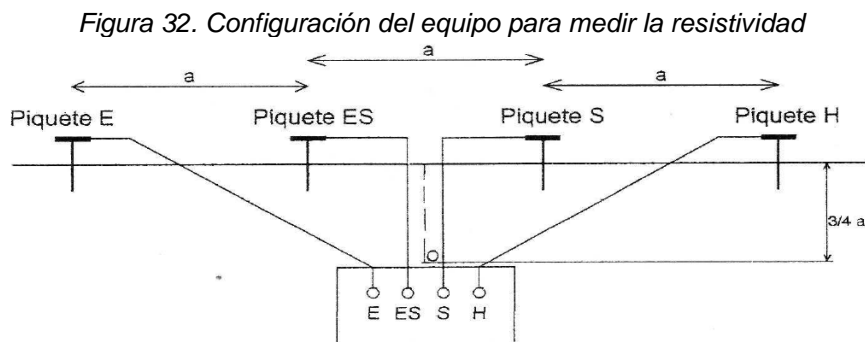
Comprobación de la medida:

- f) Anote el valor medido.
- g) Vuelva a realizar una medida al cabo de unos instantes.
- h) Mueva la piqueta S hacia H a una distancia igual al 10% de "a". Realice la medida y anote el resultado.
- i) A partir de la posición inicial, mueva la piqueta S hacia E a una distancia al 10% de a" y vuelva a realizar la medida y anote el resultado.

Si las 3 medidas muestra la misma magnitud, la medida es correcta. De lo contrario, aumente "a" y vuelva a realizar toda la operación.

### Medida de la resistividad del suelo

La medición de la resistividad nos ayuda a elegir el mejor lugar para construir la toma a tierra esto se lo realiza mediante el método de Wenner. Como se describe a continuación en la Figura 32.



- a) Compruebe que los bornes E y ES no estén unidas.
- b) Clave las picas en línea recta, separándolas entre cada pica una distancia "a".
- c) Conecte las picas a los bornes del telurómetro por medio de los cables.
- d) Pulse el botón Test hasta que aparezca la medida.
- e) Anote la medida.
- f) Por ultimo La resistividad del suelo en el punto O lo obtenemos mediante la Ecuación 5.

### 2.5.19.3 Picas o electrodos de medición

Las picas de prueba o de medición son más pequeñas de lo normal, entre 30 y 60 cm, para facilitar su transporte, además son del mismo material que las varillas o electrodos utilizados comercialmente para las puestas a tierra, es decir de cobre- acero, si son de cobre mucho mejor para que logren una mejor conductividad.

Para realizar las mediciones tanto de resistividad de la tierra como la resistencia puesta a tierra se usaron cuatro electrodos de 30cm que comprende el kit que viene con el equipo de medida.

*Figura 33. Picas de prueba.*



*Fuente: Autores de la investigación.*

### 2.5.19.4 Cables

Los electrodos enterrados en el suelo deben estar debidamente conectados mediante cables aislados a los bornes de corriente y voltaje del instrumento de medida respectivamente (# 12 AWG multifilar).

Los cables que vienen con el kit del equipo de medida que nos fue facilitado consto de, 100m de cable rojo con devanadera, 60m de cable

azul con devanadera, 10m de cable verde con devanadera y 20m de cable con devanadera.

*Figura 34 Cables del kit del equipo de medida.*



*Fuente: Autores de la investigación.*

## 2.6 Luminotecnia

VAZQUEZ, R. Jose (2005) manifiesta que “Luminotecnia es la ciencia que estudia las distintas formas de producción de luz, así como su control y aplicación, es decir, es el arte de la iluminación con luz artificial para fines específicos” (p. 54).

El problema más común que se encuentra en el alumbrado o de iluminación interior o exterior es obtener una iluminación optima con un menor consumo de energía eléctrica, y así remplazar a la natural.

La iluminación artificial debe parecerse en lo posible a la iluminación natural, por lo que su sistema de distribución debe considerar que el flujo luminoso sea lo más idéntico al natural para que llegue al plano de trabajo sin ocasionar molestias visuales.



### 2.6.1 Luz

VAZQUEZ, R. Jose (2005) manifiesta que “Luz es una manifestación de energía en forma de radiaciones electromagnéticas capaces de afectar el órgano visual, se denomina radiación a la transmisión de energía a través del espacio, la luz se compone de partículas energizadas denominadas fotones, cuyo grado de energía y frecuencia determina la longitud de onda y el color” (p. 68).

### 2.6.2 Iluminación de interiores.

Al interior de los edificios es donde se realiza la mayor parte de las actividades utilizando la luz natural como iluminación pero esta no es la luz necesaria para realizar las diferentes actividades.

Debido a esto es necesario desarrollar un sistema de iluminación artificial que permita que estas actividades se desarrollen de la forma correcta.

Hay que tener en cuenta valores de niveles de iluminación recomendados para cada tarea ya que no existe un usuario estándar, estos valores dependerán de la tarea que se va a realizar en las diferentes áreas.

#### 2.6.2.1 Cualidades que debe reunir una buena iluminación interior.

Una buena iluminación interior debe cumplir ciertas cualidades:

- a) Suministrar la cantidad de luz suficiente.
- b) Eliminar el deslumbramiento.
- c) instalar aparatos de alumbrado apropiados para cada caso en particular.
- d) Utilizar fuentes luminosas que asegure, una satisfactoria distribución de los colores.

### *2.6.3 Iluminación de establecimientos educativos.*

Las instalaciones del sistema de iluminación de los establecimientos educativos deben proporcionar un entorno visual suficiente y confortable, esto varía según la actividad que se desarrolle en cada área. Al realizar el diseño, instalación y mantenimiento de todos los elementos que intervienen en un sistema de iluminación debe aplicarse criterios de calidad para así obtener resultados de confort visual.

Al existir una buena iluminación descartamos el cansancio y dolores de cabeza producidos por una iluminación inadecuada y proporcionamos a los estudiantes y profesores un ambiente óptimo para realizar sus actividades. Los problemas que podemos encontrar en las instalaciones de iluminación de un establecimiento educativo son los siguientes:

- a) Las luminarias producen deslumbramientos directos o indirectos.
- b) Lámparas inadecuadas para el área de trabajo, que pueden hacer indescifrable la escritura.
- c) El color de la luz emitida son cálidos produciendo fatigas a los estudiantes y profesores.

Estas y otra causa dan lugar a una mala iluminación, que no favorece a los alumnos, especialmente a aquellos con problemas de visión. En la tabla 5 se muestra los niveles de la iluminancia media ( $E_m$ ), el índice de deslumbramiento Unificado (UGR) y los índices de rendimiento de colores ( $R_a$ ) recomendados para establecimientos educativos según la norma UNE 12464-1.

*Tabla 5. Iluminación de establecimientos educativos.*

<b>EDIFICIOS EDUCATIVOS</b>			
Tipo de interior, tarea y actividad	$E_m$	UGR	$R_a$
Aulas, aulas de tutoría	300 lux	19	80
Aulas para clases nocturnas y educación de adultos	500 lux	19	80
Sala de lectura	500 lux	19	80
Pizarra	500 lux	19	80
Mesa de demostraciones	500 lux	19	80
Aulas de arte	500 lux	19	80
Aulas de arte en escuelas de arte	750 lux	19	90
Aulas de dibujo técnico	750 lux	16	80
Aulas de prácticas y laboratorios	500 lux	19	80
Aulas de manualidades	500 lux	19	80
Talleres de enseñanza	500 lux	19	80
Aulas de prácticas de música	300 lux	19	80
Aulas de prácticas de informática	300 lux	19	80
Laboratorios de lenguas	300 lux	19	80
Aulas de preparación y talleres	500 lux	22	80
Halls de entrada	200 lux	22	80
Áreas de circulación, pasillos	100 lux	25	80
Archivos	200 lux	25	80

*Fuente: NORMA UNE 12464-1*

*Elaborado por: Autores de la Investigación.*

Cabe mencionar que a futuro podría existir un deterioro de las instalaciones de alumbrado, y por ende el flujo luminoso, por falta de limpieza de la lámpara, esto provocara que los niveles de iluminancia disminuyan. Para mantener los niveles iniciales es necesario un plan de limpieza y reposición periódico de las lámparas en mal estado.

#### *2.6.4 Magnitudes y unidades empleadas en iluminación.*

La base para poder hablar de iluminación es preciso contar con la existencia de una fuente productora de luz y de un objeto a iluminar, las magnitudes fundamentales son: En la Tabla 6 se detalla cada magnitud y su unidad de medida.

##### *2.6.4.1 Flujo luminoso (potencia luminosa)*

VAZQUEZ, R. José dice que “La energía transformada por los manantiales luminosos no se puede aprovechar totalmente para la producción de luz. Por ejemplo, una lámpara incandescente consume una determinada energía eléctrica que transforma en energía radiante, de la cual solo una pequeña parte (alrededor del 10%) es percibida por el ojo humano en forma de luz, mientras que el resto se pierde en calor” (p. 73). El flujo luminoso se representa por la letra griega  $\Phi$  y su unidad es el lumen (lm).

##### *2.6.4.1.1 Medida del flujo luminoso*

La forma de medir el flujo luminoso es en el laboratorio por medio de un foto elemento denominado Esfera de Ulbricht la cual se muestra en la Figura 35, y en la cual se coloca en su interior la fuente a medir.

Los fabricantes de lámparas dan el flujo de estas en lúmenes para la potencia nominal.

Figura 35. Esfera de Ulbricht.



Fuente: <http://www.agenciadenoticias.unal.edu.co/typo3temp/pics/bca38c04a8.jpg>

#### 2.6.4.2 Rendimiento luminoso (Eficacia luminosa).

ADRIAN. J, (2002) dice que “El rendimiento luminoso de una fuente de luz, indica el flujo que emite la misma por cada unidad de potencia eléctrica consumida para su obtención. Se representa por la letra griega  $\epsilon$ , siendo su unidad el lumen/watio (lm/W). La fórmula que expresa la eficacia luminosa es”: (p.5):

$$\epsilon = \frac{\Phi}{P} \quad \text{Ecuación 25}$$

Si se fabricara una lámpara que sin pérdidas toda la potencia eléctrica consumida transformara en luz, esta lámpara tendría el mayor rendimiento posible.

#### 2.6.4.3 Intensidad luminosa.

Cantidad de flujo luminoso emitido por cada uno de los rayos que la fuente emite en una determinada dirección.

ADRIAN. J, (2002) dice que “La intensidad luminosa de una fuente de luz es igual al flujo emitido en una dirección por unidad de ángulo sólido en esa dirección. (p. 5). Su símbolo es  $I$ , su unidad es la candela (cd), y la formula que la expresa es:

$$I = \frac{\phi}{\omega} \quad \text{Ecuación 26}$$

#### 2.6.4.4 Iluminancia o nivel de iluminación.

ADRIAN. J, (2002) dice que “La iluminancia o nivel de iluminación de una superficie es la relación entre el flujo luminoso que recibe la superficie y su área. Se simboliza por la letra E, y su unidad es el lux lx). La fórmula que expresa la iluminancia es” (p. 6):

$$E = \frac{\phi}{S} \quad \text{Ecuación 27}$$

De esta fórmula podemos deducir que mientras sea mayor el flujo luminoso sobre una superficie mayor será su iluminación, y también deducimos que la iluminación será mayor a medida en que la superficie disminuya.

#### 2.6.4.5 Medida del nivel de iluminación.

El nivel de iluminación se mide por medio del luxómetro, el cual se muestra en la Figura 36, que está constituido por una célula fotoeléctrica que al detectar la luz sobre su superficie, genera una corriente eléctrica muy baja esta corriente aumenta al momento en que la célula fotoeléctrica detecta más luz en su superficie. Dicha corriente es medida internamente en el luxómetro.

Figura 36. Luxómetro.



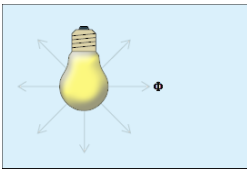

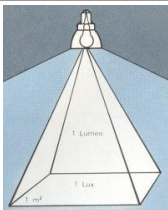
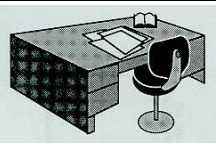
Fuente: Autores de la Investigación

#### 2.6.4.6 Luminancia.

ADRIAN. J, (2002) dice que “Es la relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente vista por el ojo en una dirección determinada. La percepción de la luz es realmente la percepción de diferencias de luminancias. El área proyectada es la vista por el observador en la dirección de la observación. Se calcula multiplicando la superficie real iluminada por el coseno del ángulo que forma su normal con la dirección de la intensidad luminosa” (p.7).

En la tabla 6 se presentan las magnitudes y unidades utilizadas para la iluminación de interiores.

Tabla 6. Magnitudes y unidades.

MAGNITUD	SIMBOLO	UNIDAD	DEFINICIÓN DE LA UNIDAD	REPRESENTACIÓN GRÁFICA	RELACIONES
Flujo	$\Phi$	Lumen (lm)	Flujo luminoso de la radiación monocromática de frecuencia $540 \times 10^{12}$ Hertz y un flujo de energía radiante de 1/683 vatios		$\Phi = I \cdot \omega$
Intensidad Luminosa	I	Candela (cd)	Intensidad luminosa de una fuente puntual que emite un flujo luminoso de un lumen en un ángulo solido de un estereorradián		$I = \frac{\Phi}{\omega}$
Nivel de Iluminación (Iluminancia)	E	LUX (lx)	Flujo luminoso de un lumen que recibe una superficie de 1 m <sup>2</sup>		$E = \frac{\Phi}{S}$
Luminancia	L	Candela por m <sup>2</sup> (cd/m <sup>2</sup> )	Intensidad luminosa de una candela por unidad de superficie		$L = \frac{I}{S}$

Fuente: Manual de luminotecnia  
Elaborado por: Autores de la Investigación.

## 2.6.5 Iluminación en aulas académicas

### 2.6.5.1 Sistemas de iluminación

El flujo generado por una lámpara al encenderse puede llegar a los objetos a iluminar de forma directa o indirecta (por reflexión en paredes y techo), esto es lo que determina los diferentes sistemas de iluminación.

Clasificación según fuentes:

- a) Natural



Este factor más difícil de modificar o adaptar es la luz producida por las radiaciones del sol.

#### b) Artificial

Es la generación de la luz que podemos controlar utilizando fenómenos de radiación y luminiscencia, conocidas como lámpara. Los diferentes tipos de lámparas se detallan a continuación en la tabla 7.

*Tabla 7 Tipos de fuentes de luz artificial y sus características*

TIPO	EFICIENCIA (LM/W)	RENDIMIENTO DE COLOR	ESPECIFICACIONES
Incandescente	17-23	Bueno	Es el más utilizado, pero es el menos eficiente. El costo de la lámpara es bajo. La vida útil de la lámpara es menos de un año
Fluorescente	50-80	De aceptable a Bueno	La eficiencia y el rendimiento de color varían considerablemente con el tipo de lámpara. Con lámparas y balastos de alta eficiencia es posible reducir el consumo de energía.
De Mercurio	50-55	De muy deficiente a Aceptable	Tienen una larga vida útil (entre 9 y 12 años), pero su eficiencia decrece con el tiempo
De Haluros Metálico	80-90	De aceptable a Moderado	El rendimiento del color es adecuado para muchas aplicaciones. Normalmente la vida útil es de 1 a 3 años.
De sodio de alta presión	85-125	Aceptable	Es muy eficiente. Su vida útil es de 3 a 6 años en promedio, con tiempos de encendidos de 12 horas por día.
De sodio de baja presión	presión 100-180	Deficiente	Es la más eficiente. Tiene una vida útil de 4 a 5 años con un promedio de encendido de 12 horas al día. Se emplea generalmente para el alumbrado de carreteras y grandes extensiones de tierra.

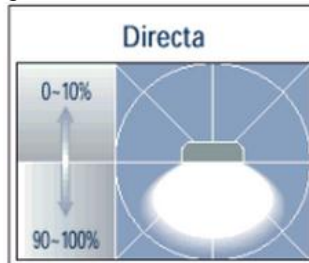
*Fuente: Investigación Directa.  
Elaborado por: Autores de la Investigación.*

#### 2.6.5.2 Clasificación de la iluminación en aulas

La iluminación se clasifica según como se proyecta el flujo luminoso, este puede ser por debajo o por encima de la horizontal identificando la cantidad del flujo proyectada directamente a la superficie iluminada, entre estas tenemos:

- a) Iluminación directa: La fuente luminosa está dirigida directamente hacia el área a iluminarse como se muestra en la Figura 37.

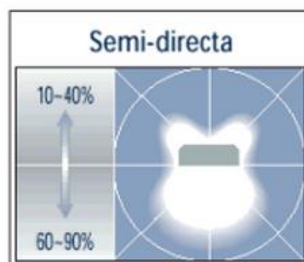
Figura 37. Iluminación directa.



Fuente: <http://disenoconluz.wordpress.com/category/luz-definiciones>

- b) Iluminación semi-directa: La proyección del flujo luminoso se dirige directamente a la superficie que se trata de iluminar, una pequeña parte llega después de reflejar en las paredes techos y mobiliario como se muestra en la Figura 38.

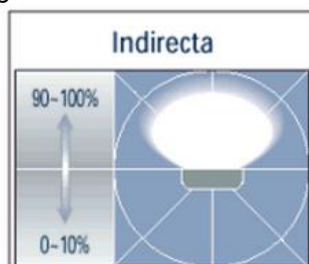
Figura 38. Iluminación semi-directa.



Fuente: <http://disenoconluz.wordpress.com/category/luz-definiciones>

- c) Iluminación indirecta: La fuente luminosa es dirigida a una pared, u otra superficie, estas superficies reflejan al flujo luminoso a la zona de trabajo como se muestra en la Figura 39.

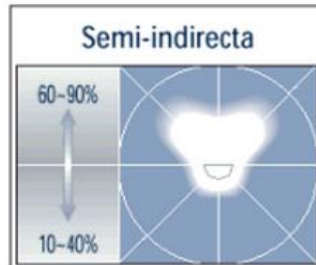
Figura 39. Iluminación indirecta.



Fuente: <http://disenoconluz.wordpress.com/category/luz-definiciones>

- d) Iluminación semi-indirecta: En este tipo de iluminación el flujo luminoso es reflejado en el techo u otro tipo de superficie y los refleja a la zona de trabajo como se puede apreciar en la figura 40.

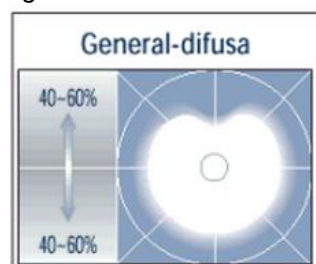
Figura 40. Iluminación semi-indirecta.



Fuente: <http://diseñoconluz.wordpress.com/category/luz-definiciones>.

- e) Iluminación difusa: La fuente luminosa emite rayos, los cual la mitad se dirige directamente hacia abajo y la otra mitad se dirige hacia él, la otra parte a de iluminar después de reflejarse varias veces por techos y paredes como se muestra en la Figura 41.

Figura 41 Iluminación difusa.



Fuente: <http://diseñoconluz.wordpress.com/category/luz-definiciones>

### 2.6.6 Tipo de alumbrado.

El alumbrado se caracteriza por la Concentración de luz necesaria para efectuar una tarea determinada.

Los sistemas de alumbrado que se pueden utilizar en un centro docente y educación son:

- a) Alumbrado general. Proporciona una iluminación uniforme sobre toda el área a iluminar. Se obtiene distribuyendo las luminarias de forma regular por todo el techo del aula para tener idénticas condiciones de visión en toda el área. Este tipo de alumbrado se utiliza habitualmente en oficinas, centros de enseñanza, fábricas, comercios, etc. Como se muestra en la Figura 42.

*Figura 42. Alumbrado general.*



Fuente: <http://edison.upc.edu/curs/llum/iluminacion-interiores/imatges/iluint08.gif>

- b) Alumbrado localizado. Es un complemento al alumbrado general este alumbrado un espacio específico como por ejemplo la lámpara de escritorio como se muestra en la figura 43.

*Figura 43. Alumbrado localizado.*

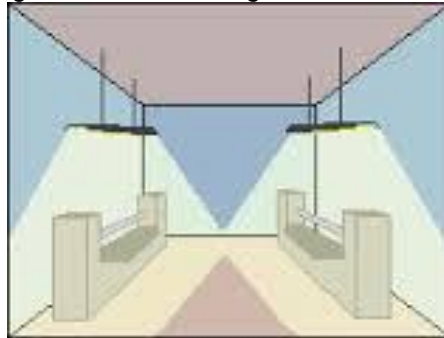


Fuente: <http://edison.upc.edu/curs/llum/iluminacion-interiores/imatges/iluint10.gif>

c) Alumbrado general localizado

En este tipo de alumbrado se combinan el alumbrado general y localizado, presentando variaciones con diferencia de luminancias entre las zonas donde se labora y las zonas de paso, estas zonas deben ser equilibradas para no producir un deslumbramiento esto se puede apreciar en la figura 44.

*Figura 44 Alumbrado general localizado.*



Fuente: <http://edison.upc.edu/curs/llum/iluminacion-interiores/imatges/iluint09.gif>

- d) Alumbrado individual. Se utiliza cuando se precisa un alto nivel de iluminación en la zona de trabajo individual, debido a la precisión de la tarea, en este caso se utiliza lámparas de sobre mesa utilizadas en mesas de despacho, dibujo... etc.
- e) Alumbrado suplementario. Se utiliza en ocasiones que se pretende destacar un objeto o artículo determinado con fines publicitarios este tipo de alumbrado debe destacar del alumbrado general.

### 2.6.7 Lámparas

El principal propósito de la lámpara es transformar la energía eléctrica en radiación electromagnética visible para el ojo humano.

### 2.6.7.1 Tipos de lámparas

Lámparas para la iluminación de centros docentes las que se utilizan con mayor frecuencia son:

#### 2.6.7.1.1 Lámparas fluorescentes:

Las luminarias fluorescentes son usadas normalmente en las instalaciones interiores, esta cuenta con una lámpara de vapor de mercurio a baja presión la mayor ventaja de este tipo de lámpara es la eficiencia energética.

La lámpara es de un vidrio revestido en su interior con fosforo y otras sustancias que al recibir una radiación ultravioleta emiten una luz. En las partes extremas del tubo consta de dos filamentos de tungsteno

Los filamentos de tungsteno se calientan al paso de la corriente eléctrica vaporizando el mercurio y los filamentos emiten electrones, los cuales empiezan a chocarse con los átomos de mercurio asiendo desplazarse sus electrones periféricos y emitiendo una radiación ultravioleta chocando con las sustancias fluorescentes que contienen las paredes interiores del tubo transformando en radiaciones visibles para el ojo humano.

La vida útil de este tipo de lámpara es mucho mayor las lámparas incandescentes, entre 5 y 15 veces más, esto dependerá de diversos factores, como el tipo de lámpara o el equipo complementario utilizado.

Este tipo de lámpara necesita unos momentos para calentarse antes y alcanzar su flujo luminoso nominal. Debe tomarse en cuenta que los encendidos y apagados repetitivos acortan su vida útil.

### *2.6.8 Luminaria*

La luminaria es el soporte y conexión a la red eléctrica a las lámparas. Para que cumplan una función eficiente, deben cumplir características mecánicas, ópticas y eléctricas. Básicamente la luminaria consta de lo siguiente. ADRIAN. J, (2002) dice que:

- a) “Armadura o carcasa: Elemento físico mínimo que sirve de soporte y delimita el volumen de la luminaria.
- b) Reflectores: Superficies en el interior de la luminaria que modelan la forma y dirección del flujo de la lámpara. En función de cómo se emita la radiación luminosa pueden ser: Simétrico (con uno o dos ejes) o asimétrico.
- c) Difusores: Elemento de cierre o recubrimiento de la luminaria en la dirección de la radiación luminosa.
- d) Filtros: Sirven para potenciar o mitigar determinadas características de la radiación luminosa. “ (p. 15)

### *2.6.9 Cálculo de iluminación interior*

Para realizar el cálculo de niveles de iluminación interior debemos obtener el valor medio de iluminación mediante el método de los lúmenes para esto se recurre al método del punto por punto.

El método de los lúmenes permite calcular u obtener el valor medio de la iluminancia en un ambiente cerrado iluminado con alumbrado

general, no localizado, y está basado en la definición de lux que es igual a un lumen por metro cuadrado.

#### 2.6.9.1 Medición método de cuadrícula

ADRIAN. J, (2002) dice que “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 de varias áreas iguales cada una de ellas idealmente cuadradas. Se mide la iluminancia existente en el centro de cada área a la altura de 0,80 sobre el nivel del suelo y se calcula un valor medio de iluminancia en la precisión de la iluminancia media influye en el número de puntos de medición utilizados. Existe una relación que permite calcular el número mínimos de puntos de medición a partir del valor del índice del local aplicable al interior analizado”. (p.5)

$$I = \frac{\text{Largo} \cdot \text{Ancho}}{\text{Altura de montaje} \cdot (\text{Largo} + \text{Ancho})} \quad \text{Ecuación 28}$$

La relación mencionada se expresa de la siguiente forma: Número mínimo de puntos de medición:  $(x+2)^2$ .

Donde x es el valor del índice de local redondeado al entero superior, excepto para todos los valores del índice de local iguales o mayores que tres, el valor de x es 4, a partir de la ecuación se obtiene el número mínimo de puntos de medición.



Luego se debe obtener la iluminancia media (E Media), que es el promedio de los valores obtenidos de la medición:

$$EMedia = \frac{\Sigma \text{valores medidos (Lux)}}{\text{Cantidad de puntos medidos}} \quad \text{Ecuación 29}$$

Una vez obtenida la iluminancia media, se procede a verificar el resultado según la uniformidad de iluminancia que lo determina la norma europea UNE 12464.1 Iluminación de interiores.

Los datos para el cálculo son los siguientes:

- a) Dimensiones del local.
- b) Altura del plano de trabajo; generalmente de 0,85 m si no se conoce su valor real exacto.
- c) Nivel de iluminancia media (Em) según el tipo de actividades que se realicen.
- d) Tipo de lámparas según actividad y coste.
- e) Tipo de luminarias adecuadas al sistema de alumbrado.
- f) Altura de suspensión de las luminarias según el tipo escogido.

#### 2.6.9.2 Coeficientes de reflexión.

Los valores de reflexión se encuentran normalmente en tablas para los diferentes tipos de materiales, superficies y acabado tal como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8. Coeficientes de reflexión.

PINTURA /COLOR	Coef. De refle	Material	Coef. De refle.
Blanco	0.70-0.85	Mortero claro	0.35-0.55
Techo acústico blanco	0.50-0.65	Mortero oscuro	0.20-0.30
Gris claro	0.40-0.50	Hormigón claro	0.30-0.50
Gris oscuro	0.10-0.20	Hormigón oscuro	0.15-0.25
Negro	0.03-0.07	Arenisca clara	0.30-0.40
Crema, amarillo claro	0.50-0.75	Arenisca oscura	0.15-0.25
Marrón claro	0.30-0.40	Ladrillo claro	0.30-0.40
Marrón oscuro	0.10-0.20	Ladrillo oscuro	0.15-0.25
Rosa	0.45-0.55	Mármol blanco	0.60-0.70
Rojo claro	0.30-0.50	Granito	0.15-0.25
Rojo oscuro	0.10-0.20	Madera clara	0.30-0.50
Verde claro	0.45-0.65	Madera oscura	0.10-0.25
Verde oscuro	0.10-0.20	Espejo de vidrio plateado	0.80-0.90
Azul claro	0.40-0.55	Aluminio mate	0.55-0.60
Azul oscuro	0.05-0.15	Aluminio anodizado y abrigantado	0.80-0.85

Fuente: Investigación Directa.

Elaborado por: Autores de la Investigación.

### 2.6.9.3 Nivel de iluminación requerida

Los niveles recomendados para diversas tareas según el decreto ejecutivo 2393 conjuntamente con Norma Europea UNE 12464-1 estas recomendaciones representan valores mínimos en el lugar mismo de la tarea visual, para una total comodidad visual se puede requerir de niveles superiores en la tabla 9 se muestra los niveles de la iluminancia media ( $E_m$ ), el índice de deslumbramiento Unificado (UGR) y los índices de rendimiento de colores ( $R_a$ ).

Tabla 9. Nivel de iluminación requerida.

EDIFICIOS EDUCATIVOS				
TIPO DE INTERIOR, ÁREA Y ACTIVIDAD	$E_m$ ( lux)	UGRL	RA	BSERVACIONES
Aulas, aulas de tutorías	300	19	80	La iluminación debería ser confortable
Aulas de practicas y laboratorios	500	19	80	La iluminación debería ser confortable

Fuente: NORMA UNE 12464-1.

Elaborado por: Autores de la Investigación.

#### 2.6.9.4 Coeficiente de utilización (CU)

N. Brautu, E. Campero (1995) dice que “El coeficiente de utilización es el cociente de los lúmenes que llegan al plano de trabajo y los totales generados por la lámpara este factor toma en cuenta la eficiencia y la distribución de la luminaria, su altura de montaje las dimensiones del local y las reflectancias de paredes, techo y suelo en general cuando más alto y estrecho sea el local, mayor será la proporción de luz absorbida por las paredes y menor el coeficiente de utilización”. (p.98).

#### 2.6.9.5 Flujo luminoso total necesario.

El flujo total que en un determinado local necesita se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$\Phi T = \frac{Em * S}{Cu * Cm} \quad \text{Ecuación 30}$$

Dónde:

$\Phi T$ = Flujo luminoso total necesario.

$Em$ = Nivel de iluminación media (lux).

$S$ = Superficie a iluminar en  $m^2$ .

$Cu$ = Coeficiente de utilización.

$Cm$ = Coeficiente de mantenimiento.

#### 2.6.9.6 Número de luminarias.

Se encuentra utilizando la siguiente fórmula

$$NL = \frac{\Phi T}{n * \Phi L} \quad \text{Ecuación 31}$$

Dónde:

NL= Número de luminarias.

$\Phi T$ = Flujo luminoso total.

$\Phi L$ = Flujo luminoso de una lámpara.

n= Número de lámparas que tiene la luminaria.

### *2.6.10 Mantenimiento.*

Son el conjunto de normas y técnicas establecidas para la conservación de las luminarias existentes en las aulas, para que proporcione mejor rendimiento en el mayor tiempo posible. Si el nivel de iluminación baja significativamente es necesario limpiar y recolectar las luminarias.

Actualmente el mantenimiento busca aumentar su vida útil, servicio y confiabilidad; aparece el mantenimiento preventivo, predictivo, de oportunidad, de actualización.

#### *2.6.10.1 Tipos de mantenimiento*

- a) Mantenimiento preventivo: Destinado a garantizar la vida útil de funcionamiento antes de que pueda producirse fallas de encendido por deterioro.
- b) Mantenimiento predictivo: Momento que la lámpara y equipo no brinde una iluminación adecuada o se note un pardeo mediante un seguimiento de su funcionamiento y por tanto el momento en el que las reparaciones deben efectuarse.
- c) Mantenimiento de oportunidad: Se debe aprovechar el final de periodo académico, realizando las revisiones necesarias y así

realizar las reparaciones para garantizar el buen funcionamiento de las luminarias.

- d) Mantenimiento de actualización: Es desarrollar los nuevos requerimientos, que en el momento de realizar el diseño preliminar no existían pero que en la actualidad es imprescindible tomar en cuenta.

#### 2.6.10.2 *Mantenimiento en instalaciones de iluminación.*

Se debe realizar periódicamente un cambio de las lámparas con averías así como la limpieza de las luminarias esto con la finalidad de mantener el flujo luminoso y el nivel de iluminancia recomendado.

Las razones más comunes para la disminución del flujo luminoso y el nivel de iluminancia son lámparas fundidas y fallas del rendimiento óptico causado por el ingreso de polvo u otros elementos a reflectores causados por fallas en el cierre de las luminarias.

Se debe disponer de suficientes lámparas para el cambio periódico de lámparas o para los cambios por averías para esto únicamente se debe utilizar lámparas de la misma potencia color de luz y otras propiedades técnicas.

Para una mejor comprensión del mantenimiento se lo detalla en el Anexo 11.

### 2.6.10.3 *Finalidad del mantenimiento.*

La finalidad es mantener las instalación y luminarias en un funcionamiento óptimo y cumpliendo las funciones predeterminadas, con eficacia y eficiencia para obtener su mayor productividad.

Por ende la finalidad del mantenimiento es brindar una óptima iluminación a las aulas, aplicando técnicas que brindan un control eficiente de la luminaria e instalaciones.

- a) Garantizar la disponibilidad y la confiabilidad de las luminarias
- b) Satisfacer los requisitos de la norma
- c) Cumplir todas la vs normas de seguridad y medio ambiente

### 2.6.11 *Ergonomía*

“Es una ciencia aplicada que se ocupa de las características de las personas que es necesario tener en cuenta al diseñar y organizar los objetos que ellas utilizan a fin de que estos puedan emplearse de forma más sencilla, efectiva y segura”. (DANIEL URRRA, 2011).

La ergonomía forma parte hoy día de la prevención de riesgos laborales, como una disciplina auxiliar tendente a integrarse dentro de la gestión de las empresas. Se puede aplicar al estudio de cualquier actividad, laboral o no, de las personas que realizan cualquier tarea o desarrollan cualquier función. Así una persona que decida desplazarse en transporte público se convierte en usuario de un sistema complejo y, por lo tanto, objeto del análisis ergonómico del mismo.

Una prevención de riesgos laborales, es la ergonomía esta disciplina tiende a integrarse dentro de la gestión de las empresas. Esta disciplina se aplica en el estudio de cualquier actividad de las personas y por lo tanto es objeto de análisis de ergonomía.

#### 2.6.11.1 *Objetivos de la ergonomía.*

a) Organización del trabajo.

Calidad de vida.

Bienestar y salud.

b) Contenido del trabajo.

Producción.

c) Condiciones materiales.

Seguridad.

#### 2.6.11.2 *Ergonomía ambiental.*

“Esta encargada del estudio de las condiciones físicas que rodean al ser humano y que influyen en su desempeño al realizar diversas actividades, tales como el ambiente térmico, nivel de ruido, nivel de iluminación y vibraciones”. (DANIEL URRRA, 2011).

Aplicación conocimientos de la ergonomía se puede realizar diseños y evaluación de puestos y estaciones de trabajo, esto se lo hace para incrementar el desempeño, seguridad y confort de las personas que se encuentran en estos sitios.

Los ergónomos dedicados a esta área fundamentalmente estudian los factores de la visión, las fuentes de iluminación, así como las características y requerimientos de las tareas y el entorno.

- a) Condiciones visuales: La iluminación en las aulas debe cumplir los niveles de luminosidad que se requiere en las áreas en la que se necesita en ámbitos de lectura, estudio... etc. No debe producirse reflejos distractores dentro del campo visual normal y deben satisfacerse los requerimientos específicos respecto de los niveles lumínicos.
- b) Los efectos de una mala iluminación sobre la salud.

Trastornos visuales.

Irritación.

Lagrimo.

Enrojecimiento.

Sensación de cuerpo extraño.

Visuales.

Emborronamiento de las imágenes de cerca.

Visión enmascarada de lejos.

Visión doble.

Cefalalgia: Al sobrecargar los músculos que intervienen en el enfoque visual debido a una mala iluminación aparecen dolores de cabeza y dolor alrededor de los ojos por esto el medico realiza un diagnostico tomando en cuenta:

La fatiga según MedlinePlus “Es una sensación de falta de energía, de agotamiento o de cansancio”.



La fatiga puede ser el resultado de la falta de una buena iluminación esta fatiga va acompañado de esfuerzo, estrés y falta de sueño. Si esta fatiga es un motivo común de queja en los lugares de trabajo o estudio, la iluminación de estos lugares debe ser evaluada.

#### *2.6.12 Confort visual.*

La norma UNE124641.1 (2002) dice que “Si aplicamos calidad al diseño, instalación y mantenimiento de todos aquellos elementos que intervienen en la obtención de una buena iluminación, obtendremos los resultados de confort visual requeridos, todo esto garantizando la máxima eficiencia energética y por tanto, los mínimos costes de explotación. “ (p.47).

Al no existir una eficiente distribución de emisores de luz hace que las personas incluso con su propia sombra presente distorsiones de la correcta visión. Esto da lugar a una mala iluminación afectando a las personas especialmente a las con problemas de visión, esto puede dar lugar a un fracaso laboral o escolar.

Cada lámpara emite un color de luz esto tiene gran importancia ya que las lámpara que emiten una luz fría proporcionan un ambiente similar a encontrarse al aire libre esto ayuda a evitar las sensaciones de fatiga que pueden presentar los alumnos al encontrarse varias horas encerrados en las aulas, así también las lámpara que emiten colores cálidas son adecuadas para ambientes más sociables.

#### 2.6.12.1 *Factores que determinan el confort visual:*

Un sistema de iluminación debe cumplir con requisitos, con esto se logra un confort visual adecuado los requisitos son los siguientes:

- a) Luminancia óptima.
- b) Ausencia de brillos deslumbrantes.
- c) Iluminación uniforme.

#### 2.6.13 *Condiciones de contraste adecuadas:*

El contraste es el equilibrio que debe existir entre la luminancia del objeto y las superficies en las que el trabajador tiene su campo visual.

Los contrastes en los espacios no deben ser fuertes ni débiles, el objetivo es conseguir un contraste equilibrado en todo el campo visual de las personas.

#### 2.6.13.1 *Colores:*

Los colores del ambiente en que se encuentran las personas se relacionan directamente con el estado anímico y las respuestas en su funcionalidad, por lo tanto estos afectaran su eficiencia y productividad sin dejar de lado la afectación de su salud. Como se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10. Influencia de los colores.

COLORES	ASOCIACIONES O INFLUENCIAS
Rojo	Asociado a la calidez, excitación y pasión
Café	Asociado al sentido de la protección el arraigo.
Naranja	Estimulante, excitante, y produce entusiasmo. Se asocia a ardor, pasión, aunque puede resultar agresivo y violento
Amarillo	Tranquilizante, es un color asociado a la adaptabilidad, es motivante, y generalmente se asocia con la esperanza.
Azul	Emociones profundas, la reflexión y el juicio. Propicia la relajación y la concentración
Violeta	Se asocia con virtudes como la bondad, espiritualidad, humildad, lealtad, tolerancia y la paciente.
Gris	Asociado a la imparcialidad y la neutralidad.
Blanco	Representa la pureza, la pulcritud y la perfección.

Fuente: NORMA UNE 12464-1.

Elaborado por: Autores de la Investigación.

## 2.7 Sistema de alarma.

El Sistema de seguridad es la interconexión de dispositivos y redes denominados medios activos los cuales cumplen la función de precautelar la integridad de las personas y objetos que se encuentran en su entorno protegiéndolas de anomalías externas.

La selección y el uso de los diferentes tipos de alarmas dependerán de las necesidades, número y características de las áreas que se va a proteger.

La función básica que cumple el sistema de alarma de seguridad es la detección de personas o intrusos no autorizados en el interior o exterior de determinadas áreas.

Dentro el mercado existe diferente tipos de sistemas de alarmas de seguridad los cuales constan de diferentes componentes sin embargo una alarma básica como se muestra en la figura 45 consta de:

Panel de control.  
Teclado digital.  
Detector de movimiento.  
Contactos magnéticos.  
Baterías de respaldo.  
Sirena.

*Figura 45. Componentes de alarma básica*



Fuente: <http://serviciostc.com/wp-content/uploads/2011/04/esquema-sistema-de-alarmas.jpg>

### 2.7.1 Sistema de alarma convencional

Una central de alarma es un elemento de seguridad pasiva porque no realiza ninguna acción para evitar o controlar una situación anormal, lo que hace es advertir de ella como una función disuasoria frente a posibles problemas como: la intrusión de personas, el inicio de incendios, el desbordamiento de un tanque o cualquier situación que sea anormal para el usuario.

La alarma de intrusión más básica es un circuito eléctrico simple colocado en una puerta de entrada, los sistemas de alarma de intrusión modernos poseen una Caja de Control, la cual se conecta a uno o más circuitos de alarma, pero también cuenta con su propia fuente de poder en la mayoría de los casos alimentada desde un dispositivo UPS.

#### *2.7.1.1 Partes básicas de un sistema de alarma*

Los elementos de una alarma básica son los siguientes:

##### *2.7.1.1.1 Los sensores de presencia*

Son los dispositivos que reciben señales de las radiaciones electromagnéticas infrarroja emitida por los diferentes cuerpos móviles que se encuentran en el área determinada a vigilar. En las zonas vigiladas los cuerpos reflejan radiación esta radiación no es visible para el ojo humano pero para este dispositivo electrónico resulta visible ya que se encuentra en el área de detección. De acuerdo al sistema de detección los sensores se clasifican en:

Sensor de presencia de rayos infrarrojos: está compuesto por un sensor infrarrojo, que al existir alguna variación de radiación infrarroja en el área de cobertura transmiten una señal a la unidad central, y así esta dispara una alerta de alarma.

Sensor de presencia de microondas; se compone de un emisor de microondas, y un detector doppler este cuenta con dos canales de recepción, esto con el fin de evitar falsas alarmas.

La señal emitida por la entrada del intruso en la zona a proteger es memorizada por la unidad central esta establece el nivel de alarma. si este nivel alcanza un nivel dividido la unidad central emite la señal de alarma y ejecuta las acciones programadas.

Sensor de presencia dual de rayos infrarrojos y de microondas; este incorpora un sensor infrarrojo y un emisor microondas, llega a dar la alarma, si los dos sistemas alcanzan un nivel determinado. La ventaja de este sistema es que se evita falsas alarmas

Detector de movimiento de ultrasonidos; Está compuesto por un emisor, y un receptor de ultrasonidos. Al recibir una variación de frecuencia en la onda emitida la unidad central pasa a estado de alarma y por ende la ejecución de acciones previamente programadas.

#### *2.7.1.1.2 Contacto magnético o sensor de apertura*

Está compuesto por dos unidades puestas en una posición determinada, y que al producirse una separación de estas dos unidades produce un cambio en los contactos de una de ellas, esto con el fin de comunicar una abertura. Estas piezas consiste en unas láminas de metal, que permanecen cerradas o abiertas y la otra es un imán cerámico, capaz de cambiar directamente la posición de las láminas.

#### *2.7.1.1.3 Sensor de humo fotoeléctrico*

Permiten detectar el humo en la área de protección, Este dispositivo usa el principio de dispersión lumínica al existir humo este

bloquea el haz de luz. También puede dispersarse el haz de luz cuando se refleja y se refracta en las partículas de humo.

#### *2.7.1.1.4 Botones de pánico*

Estos botones cuentan con contactos normalmente cerrados o abiertos, su funcionamiento es de forma manual. Deben ser instalados en lugares estratégicos donde no sea de fácil visibilidad, al presionarlo cambiara el estado de sus contactos y envía una señal a la central de monitorea la cual genera la alarma.

#### *2.7.1.1.5 Panel de control*

Esta es la unidad central en donde se realizan todos los procesos de control. Está compuesta por la placa base una fuente y la memoria central.

Esta componente del sistema de alarma es la encargada de recibir las señales de todos los sensores que conforman el sistema de seguridad, disparando la señal de alarma. Se comunica con la central mediante un modem o línea telefónica. Se alimente de una fuente de corriente eléctrica alterna, en caso de corte de energía cuenta con una batería de respaldo.

#### *2.7.1.1.6 Teclado*

Es el sistema numérico que por el cual el usuario de forma manual puede desactivar o activar el sistema de alarma mediante una serie de

códigos establecidos con anterioridad al momento de configuración del panel de control.

#### *2.7.1.1.7 Sirena*

Es un dispositivo básico del sistema de alarma, es el encargado de dar la alerta audible en el momento en que se detecta un intruso o alguna anomalía en los ambientes protegidos.

A esta pueden adicionarse diferentes accesorios como un sistema luminoso para que funcione en conjunto con la alarma audible.

#### *2.7.1.1.8 Batería de respaldo*

Este componente del sistema de alarma es el encargado de mantener funcionando el sistema de seguridad aunque exista un corte de energía ya sea por accidentes, reparaciones o se realice un corte en forma intencional.



## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Tipo de investigación.

Los proyectos de investigación se transmiten de acuerdo a la necesidad que se busca, con el fin de brindar una solución óptima. Es por eso que la investigación será efectuada a través de una investigación descriptiva, en donde se utilizara instrumentos de corte cualitativo, que permite un mayor y mejor acercamiento entre el investigador y el investigado, para lograr información más significativa. Además se utilizara investigación documental y de campo en donde se incluirá instrumentos de corte cuantitativo. Debido a que una de las características de los proyectos, es el combinar la metodología para obtener una información más relevante.

##### *3.1.1 Investigación bibliográfica y documental.*

Esta investigación documental ayudó a sustentar desde el punto de vista teórico y técnico las definiciones que necesitamos para la elaboración y aplicación de un sistema eléctrico, iluminación y de seguridad, ya que se realizó levantamiento de textos, manuales, revistas y documentos publicados en el internet que ayudaron a examinar la información, además se revisó los textos correspondientes a las normas ambientales y eléctricas para que el sistema cumpla con un funcionamiento ideal.

### 3.1.2 *Investigación de campo.*

Se trata de la investigación aplicada para comprender y resolver alguna situación, necesidad o problema en un contexto determinado buscando soluciones optimas, radica en la observación directa, es por eso que esta investigación sirvió para identificar la escases de tomas eléctricos, iluminación y protección eléctrica, detallar y analizar la cantidad de personas que utilizan laboratorios y aulas, y luego trabajar con aparatos de medición lumínica y resistiva del terreno, los mismos que entregaron resultados tales como luxes y ohmios .

## 3.2 Métodos.

### 3.2.1 *Método inductivo.*

Leiva F. (2006), manifiesta que: “El método inductivo es un proceso analítico-sintético mediante el cual se parte de casos, hechos o fenómenos particulares para llegar al descubrimiento de un principio o ley general que lo rige” (p. 26).

Este método parte de uno o varios juicios particulares, hasta obtener una conclusión de aplicación general. En el proyecto de investigación se lo utilizará para la elaboración del Problema de Investigación, del desarrollo del esquema inductivo, en conclusiones y recomendaciones

### 3.2.2 *Método deductivo.*

Deymor B. (2003), manifiesta que la deducción: “Es el fenómeno universo por el cual se parte de lo general o universal para llegar a lo más específico pero de una manera lógica que tiene en cuenta la secuencia y el orden para ir desmenuzando sus diferentes elementos” (p. 30).

Este método se basa de las afirmaciones generales para examinar casos particulares. Por lo que se lo utilizara en la elaboración de Antecedentes, realización del Marco Teórico y la Propuesta.

### *3.2.3 Método de análisis.*

Leiva F. (2006), manifiesta que: “Analizar consiste en descomponer el todo en sus partes integrantes o componentes, trata de conocer más profundamente la naturaleza del fenómeno estudiado, sus causas y efectos, así como lo específico del funcionamiento de las partes” (p. 24).

Consiste en descomponer en partes algo complejo, con el objeto de estudiarlas y examinarlas por separado. Este método se lo empleara en la interpretación y análisis de resultados.

### *3.2.4 Método de síntesis*

Según Leiva F. (2006), manifiesta que: “La síntesis es el proceso mediante el cual se reconstruye el todo uniendo sus partes que estaban separadas, facilitando la comprensión cabal del asunto que se estudia o analiza” (p. 25).

Consiste en la reunión racional de varios elementos dispersos en una nueva totalidad. Este método será utilizado en la elaboración del Marco Teórico y en la Propuesta.

### 3.3 Técnicas e instrumentos.

#### 3.3.1 *La entrevista.*

Es una técnica importante para recoger información, es una relación directa en base a la palabra entre dos sujetos: el entrevistador y el entrevistado.

La entrevista como técnica ayudó a consultar los diversos puntos de vista que tienen las personas que están involucradas en el campo de la enseñanza de la FECYT, Carrera de Mantenimiento Eléctrico.

#### 3.3.2 *La observación.*

Esta técnica será aplicada durante toda la investigación, con el propósito de identificar los hechos y fenómenos que causan el problema.

#### 3.3.3 *Instrumentos.*

- a. Cuestionario para la Entrevista.
- b. Observación.
- c. Medios mecánicos: cámara fotográfica, video grabadora

## CAPÍTULO IV

### 4. PROPUESTA: PROCESO Y RESULTADOS

#### 4.1 Diagnóstico

En la investigación uno de los objetivos planteados fue diagnosticar la situación de las aulas, laboratorios y ambientes de la CIMANELE en lo relacionado con su infraestructura, instalaciones eléctricas, iluminación y seguridad. Por lo que se determinó que se debe realizar un nuevo cableado eléctrico desde el tablero hacia los puestos de trabajo de los estudiantes, esto se debe a que la infraestructura actual no cuenta con las debidas protecciones que los equipos necesitan como es una puesta a tierra, así también la instalación de más tomas eléctricas y el aumento de luminarias, que serán instalados con el nuevo sistema eléctrico implementado.

Se realizó una inspección y mediciones eléctricas en los laboratorios y aulas de la CIMANELE en donde se pudo observar una serie de necesidades que tiene estos ambientes. Como son: escasas tomas eléctricas, en aulas y laboratorio, ambiente inadecuado del laboratorio, para impartir clases, falta de un sistema de protección eléctrico, como es una puesta a tierra, el laboratorio de la CIMANELE presenta una baja iluminación, para mayor detalle se puede referir al Anexo 1.

## 4.2 Ejecución de actividades

Se impermeabilizó la cubierta del laboratorio de prácticas de la CIMANELE en su totalidad, así mismo se le dio mantenimiento a toda su estructura y colocación de la cubierta nueva, para mayor detalle puede referirse al Anexo 2.

### IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO

La remodelación de los ambientes y laboratorios de la CIMANELE se la comenzó a realizar con fecha de marzo del 2013. Se realizaron los puntos eléctricos, reubicación de la caja de breacker del laboratorio de prácticas y así mismo el incremento de tomacorrientes en aulas y laboratorio de prácticas, el cambio total del circuito eléctrico de iluminación del laboratorio de la CIMANELE. Como se apreciar en el Anexo 3.

Como paso previo a los trabajos de diseño del sistema eléctrico, se procedió a mantener conversaciones con el Ingeniero Pablo Méndez, tutor del proyecto, a fin de definir aspectos de importancia para el diseño.

Se analizaron y aclararon los aspectos arquitectónicos que tienen influencia directa en el diseño de las instalaciones eléctricas de interiores, tales como: características de los materiales de construcción, tipo de uso de los diferentes ambientes y disposiciones generales sobre aspectos de seguridad y funcionalidad.

De acuerdo a las actividades específicas a las que se destinarán los distintos ambientes, frecuencia de uso, se definieron las salidas de luminarias, tomacorrientes y salidas para equipos específicos.

Se definió el equipamiento con que contará el laboratorio y aulas de la CIMANELE en lo que tiene relación con la ubicación y potencia de los equipos principales a instalarse.

Para el diseño del sistema eléctrico se siguió las recomendaciones y exigencias de las Normas específicas y generales para este tipo de instalaciones, como son: Código Eléctrico Americano (NEC), y la (NEIS NECA 1-2000)

Cuando fue necesario el uso de terminales estos son del tipo de compresión, de tamaño apropiado para el calibre del conductor. Estos son hechos con capuchones 3M, según calibre del conductor.

Se tomó todas las precauciones durante el tendido de cables, para no dañar el aislamiento de los conductores.

La fuerza que se empleó para jalar los conductores, es razonablemente limitada para no producir elongación de los cables, que ocasionan alteraciones en las características eléctricas de los materiales.

Los conductores de alimentadores de tableros y circuitos derivados no tuvieron empalmes.

Dentro de los centros de carga, los conductores no están templados, sino que quedaron razonablemente flojos.

Se instaló conductores de cobre, el calibre no fue menor al 12 AWG para cualquier circuito a 120V o 210V. El tipo de aislamiento es TW, THW, THHN.

La Convención de colores para los conductores eléctricos es:

Neutro: Blanco

Tierra: Verde o amarillo

Fases: Rojo o Negro

En un alimentador trifásico:

Fase A: Negro

Fase B: Rojo

Fase C: Azul

Neutro: Blanco

Tierra: Verde o amarillo

#### *4.2.1 Implementación del sistema puesta a tierra.*

a) Medición de la resistividad del terreno.

Para el diseño y construcción del sistema puesta a tierra fue necesario obtener la resistividad del terreno, esto se logró mediante la utilización de un telurómetro el cual mediante varias mediciones se pudo determinar el lugar adecuado para la implementación de esta.



El lugar elegido para la implementación del sistema puesta a tierra es en la parte posterior de la CIMANELE, como podemos ver en el Figura 46.

Figura 46. Lugar elegido para la construcción del proyecto.



Fuente: Autores de la Investigación.

Las mediciones de campo para la puesta a tierra se realizaron en el mes de Agosto en esta época del año fueron escasas las lluvias y la temperatura oscilaba 10 y 21 °C. Esto permitió realizar una buena aproximación a las peores condiciones que se puede encontrar el terreno en cuanto a su resistividad.

Se tomó lecturas de resistividad utilizando el medidor de tierra modelo 4620, aplicando el método de Wenner con el modo de 4 picas, como se muestra en la Figura 47. Estas mediciones se realizaron el día 19 de agosto del 2013 en el lugar antes mencionado.

Figura 47 Valor obtenido a una separación de 6 m de pica a pica.



Fuente: Autores de la Investigación.

Tabla 11. Valores de resistividad

Para b=0.3 m		
a(m)	Valor medido	Resistividad
2	12.8 $\Omega$	161 $\Omega$ m
4	15.8 $\Omega$	397 $\Omega$ m
6	6.34 $\Omega$	239 $\Omega$ m
10	4.49 $\Omega$	282 $\Omega$ m

Fuente: Investigación Directa.  
Elaborado por: Autores de la Investigación.

Como se puede observar en la Tabla 11, se trata para este sitio con una alta resistividad para lo cual se tomó una resistividad promedio de 270.

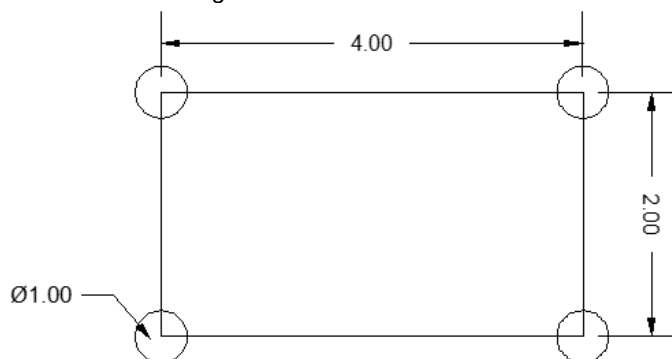
b) *Proceso de diseño*

Como se requiere una resistencia baja de puesta a tierra, se optó por diseñar una malla de puesta a tierra la cual se indica en la figura 48, para lo cual utilizaremos las consideraciones del inciso (2.5.14), con esto se tiene los datos que se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12. Datos del Diseño.

DATOS DEL DISEÑO	
Resistividad del suelo $\rho$	270 $\Omega$ m
La profundidad de enterramiento de la malla	0.5m
Área conectada	8m <sup>2</sup>

Fuente: Investigación Directa.  
Elaborado por: Autores de la Investigación  
Figura 48 Diseño de la malla.



Fuente: Autores de la Investigación.

Longitud del conductor es:

$$L_{cond} = 4+2+4+2= 12m$$

Calculo del área:

$$A = 2*4= 8m^2$$

Calculo de los coeficientes K1 y K2. Utilizamos las Ecuaciones 22 y

23:

$$K1 = 1.43 - \frac{2.3 * h}{\sqrt{A}} - 0.044 * \left(\frac{a}{b}\right)$$

$$K1 = 1.43 - \frac{2.3 * 0.5}{\sqrt{8}} - 0.044 * \left(\frac{2}{4}\right)$$

$$\mathbf{K_1 = 1.00}$$

$$K2 = 5.5 - \frac{8 * h}{\sqrt{A}} + \left(0.15 - \frac{h}{\sqrt{A}}\right) \left(\frac{a}{b}\right)$$

$$K2 = 5.5 - \frac{8 * 0.5}{\sqrt{8}} + \left(0.15 - \frac{0.5}{\sqrt{8}}\right) \left(\frac{2}{4}\right)$$

$$\mathbf{K_2 = 4.07}$$

Calculo de la resistencia puesta a tierra.

Utilizamos las Ecuaciones 19, 20 y 21:

$$R_{11} = \frac{\rho}{\pi * L_{cond}} \left[ \ln \left( 2 * \frac{L_{cond}}{\sqrt{d * h}} \right) + \left( K1 * \frac{L_{cond}}{\sqrt{A}} \right) - (K_2) \right]$$

$$R_{11} = \frac{270}{\pi * 12} \left[ \ln \left( 2 * \frac{12}{\sqrt{0.00742 * 0.5}} \right) + \left( 1.0 * \frac{12}{\sqrt{8}} \right) - (4.07) \right]$$

$$R_{11} = 44.04 \Omega$$

$$R_{22} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot nb \cdot Lb} \left[ \ln \left( 8 \cdot \frac{Lb}{db} \right) - 1 + \left( \frac{2 \cdot K_1 \cdot Lb}{\sqrt{A}} \right) (\sqrt{nb} - 1)^2 \right]$$

$$R_{22} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot (4) \cdot (1,8)} \left[ \ln \left( 8 \cdot \frac{1,8}{0,016} \right) - 1 + \left( \frac{2 \cdot (1,00) \cdot (1,8)}{\sqrt{8}} \right) (\sqrt{4} - 1)^2 \right]$$

$$R_{22} = 42,20 \Omega$$

$$R_{12} = \frac{\rho}{\pi \cdot Lcond} \left[ \ln \left( 2 \cdot \frac{Lcond}{Lb} \right) + \left( K_1 \cdot \frac{Lcond}{\sqrt{A}} \right) - (K_2) + 1 \right]$$

$$R_{12} = \frac{270}{\pi \cdot (12)} \left[ \ln \left( 2 \cdot \frac{12}{1,8} \right) + \left( (1,00) \cdot \frac{12}{\sqrt{8}} \right) - (4,07) + 1 \right]$$

$$R_{12} = 26,95 \Omega$$

$$R = \frac{R_{11} \cdot R_{22} - R_{12}^2}{R_{11} + R_{22} - 2R_{12}}$$

$$R = \frac{44,04 * 42,20 - 26,95^2}{44,04 + 42,20 - 2(26,95)}$$

$$R = 35,00 \Omega$$

Al culminar con todos los cálculos se obtiene un valor de resistencia alto, con relación al que requiere el sistema. Para disminuir este valor nos vemos en la necesidad de aumentar el área o disminuir la resistividad del terreno. Optando por lo segundo puesto que el terreno es arenoso esto no permite que haya una retención de humedad y en temporadas secas aumentaría el valor de la resistencia considerablemente.

Para evitar este problema y obtener el valor de la resistencia requerida se procederá a cambiar el terreno. Esta sustitución se lo hará con tierra de cultivo en un radio de un 0.05 m y una profundidad de 2 m

alrededor de las varillas de puesta a tierra y sobre el conductor de la puesta a tierra a una profundidad de 0.05m.

Al realizar este cambio se toma un valor de resistividad de acuerdo a la Tabla 4 y procedemos a calcular nuevamente el valor de la resistencia puesta a tierra utilizando las ecuaciones 19, 20 y 21.

$$R_{11} = \frac{\rho}{\pi * L_{cond}} \left[ \ln \left( 2 * \frac{L_{cond}}{\sqrt{d * h}} \right) + \left( K_1 * \frac{L_{cond}}{\sqrt{A}} \right) - (K_2) \right]$$

$$R_{11} = \frac{50}{\pi * 12} \left[ \ln \left( 2 * \frac{12}{\sqrt{0.00742 * 0.5}} \right) + \left( 1.00 * \frac{12}{\sqrt{8}} \right) - (4.07) \right]$$

$$\mathbf{R_{11} = 8.16 \Omega}$$

$$R_{22} = \frac{\rho}{2 * \pi * nb * Lb} \left[ \ln \left( 8 * \frac{Lb}{db} \right) - 1 + \left( \frac{2 * K_1 * Lb}{\sqrt{A}} \right) (\sqrt{nb} - 1)^2 \right]$$

$$R_{22} = \frac{50}{2 * \pi * (4) * (1,8)} \left[ \ln \left( 8 * \frac{1,8}{0.016} \right) - 1 + \left( \frac{2 * (1.00) * (1.8)}{\sqrt{8}} \right) (\sqrt{4} - 1)^2 \right]$$

$$\mathbf{R_{22} = 7.82 \Omega}$$

$$R_{12} = \frac{\rho}{\pi * L_{cond}} \left[ \ln \left( 2 * \frac{L_{cond}}{Lb} \right) + \left( K_1 * \frac{L_{cond}}{\sqrt{A}} \right) - (K_2) + 1 \right]$$

$$R_{12} = \frac{50}{\pi * (12)} \left[ \ln \left( 2 * \frac{12}{1.8} \right) + \left( (1.00) * \frac{12}{\sqrt{8}} \right) - (4.07) + 1 \right]$$

$$\mathbf{R_{12} = 4.95 \Omega}$$

$$R = \frac{R_{11} \cdot R_{22} - R_{12}^2}{R_{11} + R_{22} - 2R_{12}}$$

$$R = \frac{8.16 * 7.82 - 4.99^2}{8.16 + 7.82 - 2(4.99)}$$

$$R = 6.49 \Omega$$

c) Ejecución de las excavaciones y preparación.

El trabajo se inició con la ubicación precisa del suelo a ser removido a partir de la exclusión de la presencia de toda otra canalización o estructura subterránea labor que fue facilitada por un representante de la CIMANELE.

d) Excavaciones de los pozos y zanjas.

Para el proyecto se requería la excavación de 4 pozos y una zanja rectangular tal como se muestra en la Figura 48, que muestra el diseño a implementar.

Para una varilla de 1.8m de largo por 0.016 de diámetro se prevé un pozo con una profundidad de 2m y 1m de diámetro, las zanjas son de 4m de largo, 2m de ancho y 0.05m de profundidad. Como se muestra en la Figura 49.

*Figura 49. Pozo para relleno.*



*Fuente: Autores de la Investigación.*

e) Relleno y colocación del electrodo

Para el relleno se utilizó tierra negra fina la cual fue esparcida lentamente de un tubo de 2.54cm de diámetro y 1.6m de largo en el cual en su interior fue introducido GEM. Para la preparación del GEM se procedió siguiendo los pasos especificados en el ANEXO 4.

El electrodo lo ubicamos al centro del tubo y esperamos que el GEM endurezca, aproximadamente 15 minutos. Transcurrido este tiempo procedemos lentamente a retirar el tubo, procurando que no salga el electrodo introducido.

Todos los electrodo deben quedar a una profundidad de 0.5 m desde la superficie, como se muestra en la Figura 50.

*Figura 50. Introducción del electrodo sobre el GEM y el relleno.*



*Fuente: Autores de la Investigación.*

El relleno en las zanjas se realizó a una altura de 0.10 m desde el fondo esparciendo tierra fina, en todo el reticulado de la malla. Para posteriormente colocar el cable de cobre desnudo.

f) Conexiones de las barras.

Una vez finalizado el relleno en los 4 pozos y en las zanjas, se procede al pasado y al tendido del conductor que unirá los electrodos de puesta a tierra con el borde de tierra del tablero eléctrico por el recorrido más corto.

*Figura 51. Conexión realizada con soldadura exotérmica.*



*Fuente: Autores de la Investigación.*



Después de haber realizado las respectivas uniones, como se muestra en la figura 51, se procedió a la inspección de cada uno de los puntos de unión, para luego sobre el cable y las uniones agregar la solución del GEM con el propósito de mejorar la resistencia para posteriormente cubrir con tierra negra hasta dejar igual a la superficie inicial.

A todo este proceso de relleno se fue agregando agua para poder obtener una compactación del suelo, el material y el electrodo.

#### *4.2.2 Implementación del sistema de iluminación*

Se efectuó el levantamiento de datos en aulas, ambientes y laboratorios de la CIMANELE, como primer paso se realizó las mediciones de iluminancia, dividiéndolo la CIMANELE en zonas, como se representa en el Anexo 5:

Los cálculos son realizados mediante el método de cuadrícula cubriendo toda la zona analizada, a una debida altura sobre el nivel de suelo para obtener el número de puntos de medición mediante la ecuación 27.

$$I = \frac{Largo * Ancho}{Altura de montaje * (Largo + Ancho)}$$

Zona 1 Aula de Tutoría: las dimensiones del punto de medición son las siguientes:

Largo: 5m.

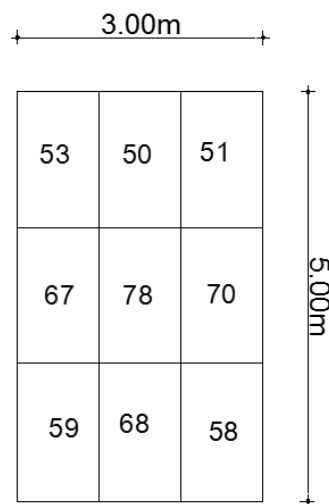
Ancho: 3m.

Altura de montaje de las luminarias: 2.50m.

$$I = \frac{5 * 3}{2.50 * (5 + 3)} = 1$$

Número mínimo de puntos de medición=  $(1+2)^2 = 9$  puntos de medición. Como se muestra en la figura 52.

Figura 52. Croquis con la cuadrícula de puntos de medición Zona 1 Aula de tutoría.



Fuente: Autores de la Investigación.

Se procedió a realizar las mediciones de luminancia mediante el luxómetro. Como se puede apreciar en el Anexo 6. Se obtiene la iluminancia media, que es promedio de los valores obtenidos en la medición, Utilizamos la ecuación 28:

$$EMedia = \frac{\sum \text{valores medidos (Lux)}}{\text{Cantidad de puntos medidos}}$$

$$EMedia = \frac{53 + 50 + 51 + 67 + 78 + 70 + 59 + 68 + 58}{9}$$

$$EMedia \text{ Zona 1} = 61.55 \text{ Lux}$$

Zona 2 Área de prácticas: las dimensiones del punto de medición son las siguientes:

Largo: 6 m

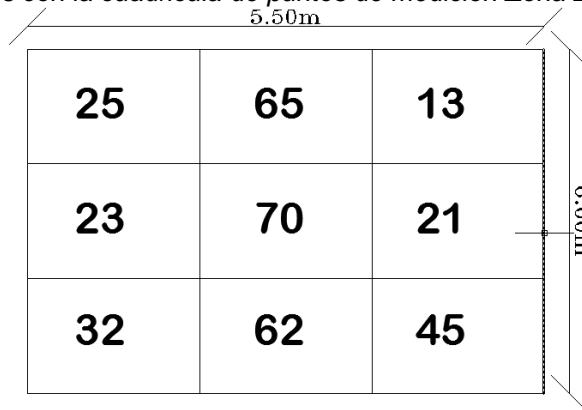
Ancho: 5.50 m

Altura de montaje de las luminarias: 2.50m

$$I = \frac{6 * 5.50}{2.50 * (6 + 5.5)} = 1$$

Número mínimo de puntos de medición=  $(1+2)^2 = 9$  puntos de medición. Como se aprecia en la figura 53.

Figura 53. Croquis con la cuadrícula de puntos de medición Zona 2 área de prácticas.



Fuente: Autores de la Investigación.

Se obtiene la iluminancia media, que es promedio de los valores obtenidos en la medición:

$$EMedia = \frac{\sum \text{valores medidos (Lux)}}{\text{Cantidad de puntos medidos}}$$

$$EMedia = \frac{25 + 65 + 13 + 23 + 70 + 21 + 32 + 62 + 45}{9}$$

$$\mathbf{EMedia Zona 2 = 39.5Lux}$$

Zona 3 Laboratorio de Computación: las dimensiones del punto de medición son las siguientes:

Largo: 9 m

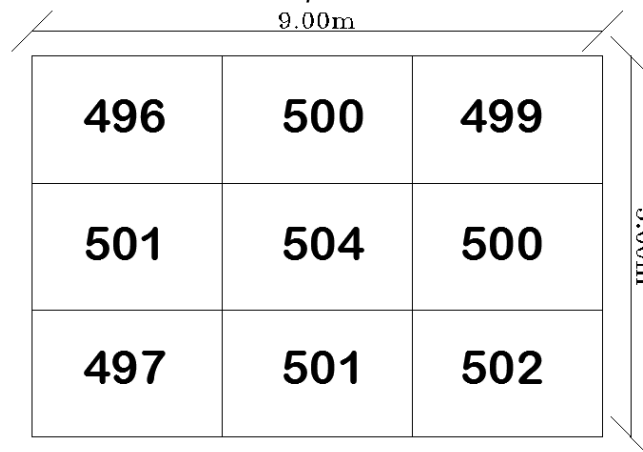
Ancho: 5 m

Altura de montaje de las luminarias: 3.50m

$$I = \frac{9 * 5}{3.50 * (9 + 5)} = 1$$

Número mínimo de puntos de medición=  $(1+2)^2 = 9$  puntos de medición. Como se aprecia en la figura 54

Figura 54. Croquis con la cuadrícula de puntos de medición Zona 3 Laboratorio de Computación.



Fuente: Autores de la Investigación.

Se obtiene la iluminancia media, que es promedio de los valores obtenidos en la medición:

$$EMedia = \frac{\sum \text{valores medidos (Lux)}}{\text{Cantidad de puntos medidos}}$$

$$EMedia = \frac{496 + 500 + 499 + 501 + 504 + 500 + 497 + 501 + 502}{9}$$

$$EMedia \text{ Zona 3} = 500\text{Lux}$$

Zona 4 Aula 1: las dimensiones del punto de medición son las siguientes:

Largo: 9 m

Ancho: 6 m

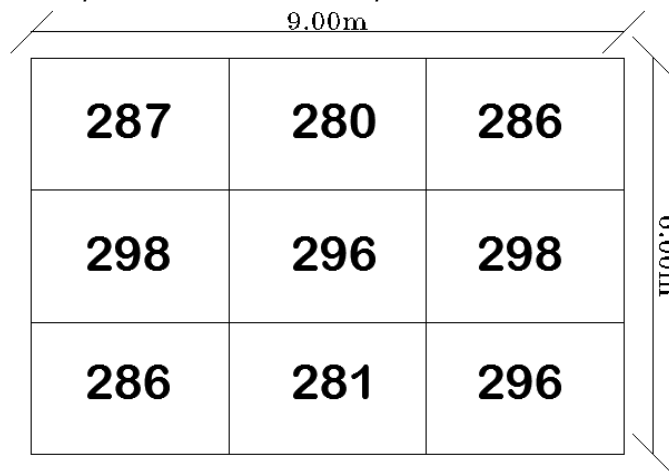
Altura de montaje de las luminarias: 3.50m

$$I = \frac{9 * 6}{3.50 * (9 + 6)} = 1$$

Número mínimo de puntos de medición=  $(1+2)^2 = 9$  puntos de medición.

Como se aprecia en la figura 55

Figura 55. Croquis con la cuadrícula de puntos de medición Zona 4 Aula 1.



Fuente: Autores de la Investigación.

Se obtiene la iluminancia media, que es promedio de los valores obtenidos en la medición:

$$EMedia = \frac{\sum \text{valores medidos (Lux)}}{\text{Cantidad de puntos medidos}}$$

$$EMedia = \frac{287 + 280 + 286 + 298 + 296 + 298 + 286 + 281 + 296}{9}$$

$$EMedia \text{ Zona 4} = 289 \text{ Lux}$$

Zona 5 Aula 2: las dimensiones del punto de medición son las siguientes:

Largo: 9 m

Ancho: 6 m

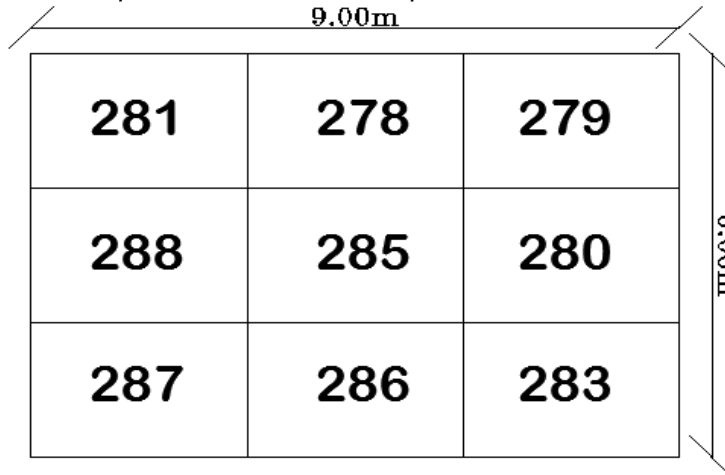
Altura de montaje de las luminarias: 3.50m

$$I = \frac{9 * 6}{3.50 * (9 + 6)} = 1$$

Número mínimo de puntos de medición=  $(1+2)^2 = 9$  puntos de medición.

Como se aprecia en la figura 56

Figura 56 Croquis con la cuadrícula de puntos de medición Zona 5 Aula 2.



Fuente: Autores de la Investigación.

Se obtiene la iluminancia media, que es promedio de los valores obtenidos en la medición:

$$EMedia = \frac{\sum \text{valores medidos (Lux)}}{\text{Cantidad de puntos medidos}}$$

$$EMedia = \frac{281 + 278 + 279 + 288 + 285 + 280 + 287 + 286 + 283}{9}$$

$$EMedia \text{ Zona 5} = 255Lux$$

Zona 6 Aula 3: las dimensiones del punto de medición son las siguientes:

Datos:

Largo: 9 m

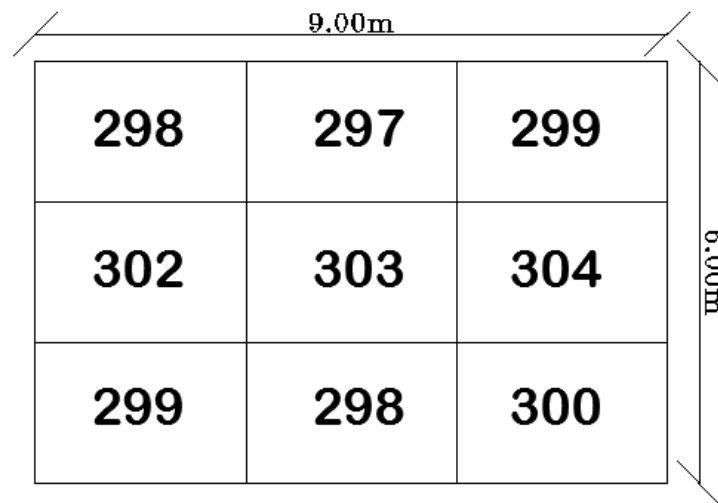
Ancho: 6 m

Altura de montaje de las luminarias: 3.50m

$$I = \frac{9 * 6}{3.50 * (9 + 6)} = 1$$

Número mínimo de puntos de medición=  $(1+2)^2 = 9$  puntos de medición. Como se aprecia en la figura 57.

Figura 57 Croquis con la cuadrícula de puntos de medición Zona 6 Aula 3.



Fuente: Autores de la Investigación.

Se obtiene la iluminancia media, que es promedio de los valores obtenidos en la medición:

$$EMedia = \frac{\sum \text{valores medidos (Lux)}}{\text{Cantidad de puntos medidos}}$$

$$EMedia = \frac{298 + 297 + 299 + 302 + 303 + 304 + 299 + 298 + 300}{9}$$

$$EMedia \text{ Zona 6} = 300Lux$$

Zona 7 Secretariado: las dimensiones del punto de medición son las siguientes:

Largo: 5 m

Ancho: 3 m

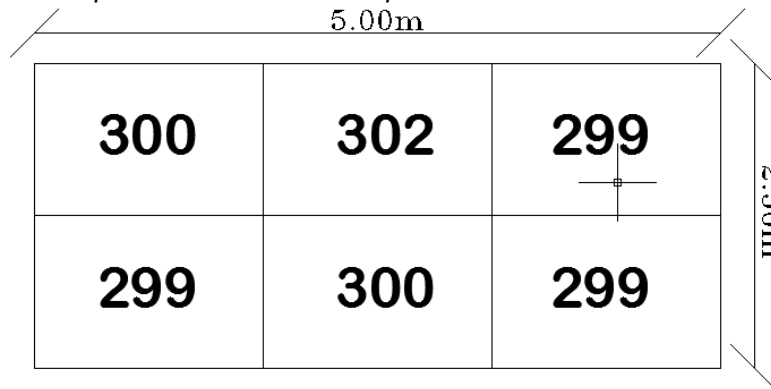
Altura de montaje de las luminarias: 3.50m

$$I = \frac{5 * 3}{3.50 * (5 + 3)} = 0.5$$

Número mínimo de puntos de medición=  $(0.5+2)^2 = 6$  puntos de medición.

Como se aprecia en la figura 58

Figura 58 Croquis con la cuadrícula de puntos de medición Zona 7 Secretariado.



Fuente: Autores de la Investigación.

Se obtiene la iluminancia media, que es promedio de los valores obtenidos en la medición:

$$EMedia = \frac{\sum \text{valores medidos (Lux)}}{\text{Cantidad de puntos medidos}}$$

$$EMedia = \frac{300 + 302 + 299 + 299 + 300 + 299}{6}$$

$$EMedia \text{ Zona 7} = 300\text{Lux}$$

Zona 8 Director de carrera: las dimensiones del punto de medición son las siguientes:

Largo: 4 m

Ancho: 2.5 m

Altura de montaje de las luminarias: 3.50m

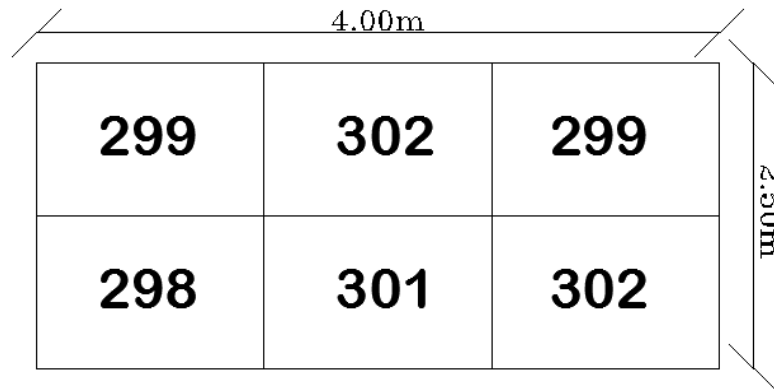


$$I = \frac{4 * 2.5}{3.50 * (4 + 2.5)} = 0.5$$

Número mínimo de puntos de medición=  $(0.5+2)^2 = 6$  puntos de medición.

Como se aprecia en la figura 59.

Figura 59. Croquis con la cuadrícula de puntos de medición Zona 8 Director de Carrera.



Fuente: Autores de la Investigación.

Se obtiene la iluminancia media, que es promedio de los valores obtenidos en la medición:

$$EMedia = \frac{\sum \text{valores medidos (Lux)}}{\text{Cantidad de puntos medidos}}$$

$$EMedia = \frac{299 + 302 + 299 + 298 + 301 + 302}{6}$$

$$\mathbf{EMedia \text{ Zona 8} = 300Lux}$$

Zona 9 Hall de entrada 1: las dimensiones del punto de medición son las siguientes:

Largo: 10 m

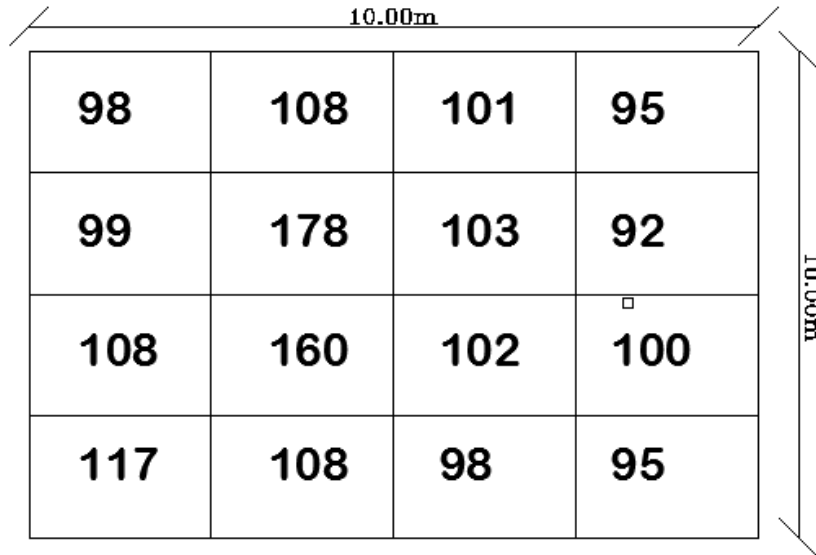
Ancho: 10 m

Altura de montaje de las luminarias: 3.50m

$$I = \frac{10 * 10}{3.50 * (10 + 10)} = 2$$

Número mínimo de puntos de medición=  $(2+2)^2 = 16$  puntos de medición.  
 Como se aprecia en la figura 60.

Figura 60. Croquis con la cuadrícula de puntos de medición Zona 9 Hall de entrada 1.



Fuente: Autores de la Investigación.

Se obtiene la iluminancia media, que es promedio de los valores obtenidos en la medición:

$$EMedia = \frac{\sum \text{valores medidos (Lux)}}{\text{Cantidad de puntos medidos}}$$

*EMedia*

$$= \frac{98 + 108 + 101 + 95 + 99 + 178 + 103 + 92 + 108 + 160 + 102 + 100 + 117 + 108 + 98 + 95}{16}$$

$$EMedia \text{ Zona 9} = 110Lux$$

Zona 10 Hall de entrada 2: las dimensiones del punto de medición son las siguientes:

Largo: 6 m

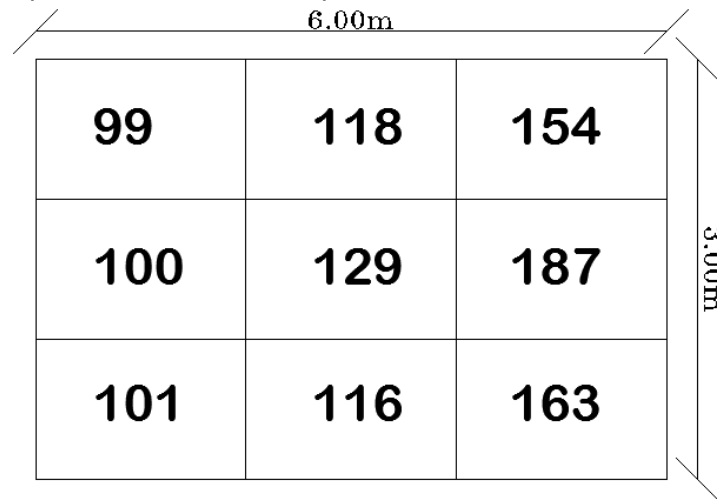
Ancho: 3 m

Altura de montaje de las luminarias: 3.50m

$$I = \frac{6 * 3}{3.50 * (6 + 3)} = 1$$

Número mínimo de puntos de medición=  $(1+2)^2 = 9$  puntos de medición. Como se aprecia en la figura 61.

Figura 61. Croquis con la cuadrícula de puntos de medición Zona 10 Hall de entrada 2.



Fuente: Autores de la Investigación.

Se obtiene la iluminancia media, que es promedio de los valores obtenidos en la medición:

$$EMedia = \frac{\sum \text{valores medidos (Lux)}}{\text{Cantidad de puntos medidos}}$$

$$EMedia = \frac{99 + 118 + 154 + 100 + 129 + 187 + 101 + 116 + 163}{9}$$

$$EMedia \text{ Zona 10} = 194Lux$$

Obtenida la iluminancia media de laboratorios y ambientes de la CIMANELE, se procedió a verificar el resultado obtenido con la norma europea de iluminación de interiores UNE 12464.1 se busca el local y tarea visual. Como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. Iluminancia media obtenida.

ZONA	ILUMINANCIA MEDIA OBTENIDA	ILUMINANCIA SEGÚN LA NORMA
ZONA 1 AULA DE TUTORÍA	61.55 Lux	300 Lux
ZONA 2 ÁREA DE PRACTICAS	39.5 Lux	500 Lux
ZONA 3 LAB. DE COMPUTACIÓN	500 Lux	500 Lux
ZONA 4 AULA 1	289 Lux	300 Lux
ZONA 5 AULA 2	255 Lux	300 Lux
ZONA 6 AULA 3	300 Lux	300 Lux
ZONA 7 SECRETARIADO	300 Lux	300 Lux
ZONA 8 DIRECTOR DE CARRERA	300 Lux	300 Lux
ZONA 9 HALL DE ENTRADA 2	110 Lux	200 Lux
ZONA 10 HALL DE ENTRADA 1	194 Lux	200 Lux

Fuente: NORMA UNE 12464.1.

Elaborado por: Autores de la Investigación.

Con los datos obtenidos se puede demostrar que las Zonas 1, 2, 4, 5, 9, y 10 de la CIMANELE no cumplen con la norma utilizada.

Por lo que se tomó la decisión de realizar un estudio previo para obtener un nivel de iluminación adecuado para las diferentes áreas de la CIMANELE.

#### 4.2.2.1 Iluminación Zona 1 Aula de tutoría

a) Calcular el flujo luminoso total necesario Zona 1.

Se tuvo en cuenta la forma del laboratorio sus acabados esto influye notoriamente en la reflexión de la luz en el local de estudio. Las dimensiones se muestran en la Tabla 14 y la Figura 62.

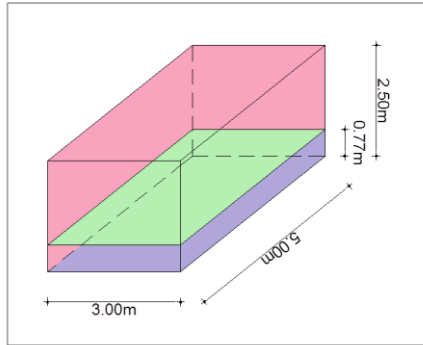
Tabla 14. Dimensiones de la Zona 1.

DETALLES DE LA ZONA 1 DE LA CIMANELE		
Datos	Símbolo	Dimensión (m)
Ancho	a	3,00
Largo	b	5,00
Altura	H	2,50
Plano de trabajo	h	1,73

Fuente: Investigación Directa.

Elaborado por: Autores de la Investigación.

Figura 62. Dimensiones del aula y altura del plano de trabajo Zona 1 Aula de tutoría.



Fuente: Autores de la Investigación.

b) Nivel de iluminancia media

La Iluminancia media para Aulas de tutoría es de 300 lux

c) Tipo de luminaria a instalarse

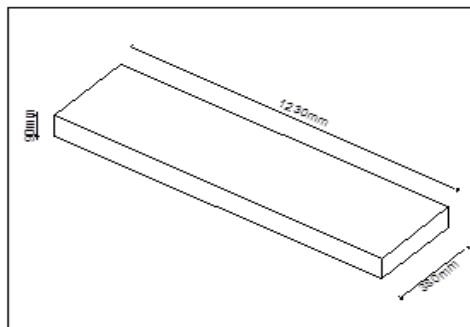
Este tipo de luminaria lleva dos lámparas en su interior. Como se muestra en la Figura 63 y 64.

Figura 63. Luminaria a instalarse.



Fuente:[http://www.gpl.com.ec/productos/luminarias\\_fluorescentes/sistemas\\_opticos\\_ultra\\_reflexion/FICHA2X32es/LE\\_2X32.png](http://www.gpl.com.ec/productos/luminarias_fluorescentes/sistemas_opticos_ultra_reflexion/FICHA2X32es/LE_2X32.png)

Figura 64. Dimensiones de la luminaria.



Fuente: Autores de la Investigación.

Con la información extraída del fabricante de la luminaria podemos saber el flujo que tiene la lámpara, que viene expresado en lúmenes (lm). Como se muestra en la Tabla 15 y 16.

Tabla 15. Características de lámparas a instalarse.

CARACTERÍSTICAS DE LÁMPARAS A INSTALARSE									
Marca	Código	Descripción	Nominal			Dimensión	Diámetro	Temperatura color (K)	Flujo Luminoso
			Watts	Voltaje	Corriente				
Sylvania	P21602-3	TUBOS FLUORESCENTES T8	32 W	120 V	0.26 A	1200mm	25 mm	4100	2950 Lum

Fuente: Catalogo Sylvania.  
Elaborado por: Autores de la Investigación.

Tabla 16. Flujo luminoso de lámparas a instalarse.

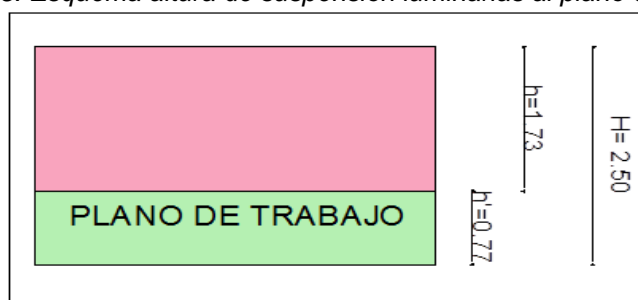
Total	Flujo luminoso	Flujo total
2 Fluorescentes	2950 Lum	5900 Lum

Fuente: Catalogo Sylvania.  
Elaborado por: Autores de la Investigación.

d) Determinación de la altura de suspensión de la luminaria

La altura de suspensión de las luminarias para el laboratorio de la CIMANELE se las colocó lo más alto posible empotradas al techo para una iluminación artificial general uniforme, como se muestra en la Figura 65.

Figura 65. Esquema altura de suspensión luminarias al plano de trabajo.



Fuente: Autores de la Investigación.

e) Determinar el coeficiente de utilización

El coeficiente de utilización, indica la relación entre el número de lúmenes emitidos por la lámpara y los que llegan efectivamente al plano ideal de trabajo. Para encontrar el coeficiente de utilización se debería encontrar el Índice del local y el Coeficiente de reflexión.

f) Índice del local (k)

Se averiguo a partir de la geometría del local mediante la dimensión larga, ancho y altura como se muestra en la tabla 14.

El valor obtenido mediante la fórmula:

$$k = \frac{a * b}{h * (a + b)}$$

$$k = \frac{3 * 5}{1.73 * (3 + 5)} = 1.08$$

g) Coeficiente de reflexión.

Se determinó el factor de reflexión que brinda el laboratorio de la CIMANELE.

Inspeccionamos cada uno de los acabados del piso paredes y techo de acuerdo a esto recurre a las tablas para obtener los valores como se muestra en la tabla 8.

En caso del laboratorio se tomara 0,5 para el techo; 0.5 para las paredes y 0.5 para el suelo, el índice del local es (1,08), con estos datos encontrar el coeficiente de utilización (Cu), dándonos un valor de Cu= 0,49, como se muestra en la Tabla 17.

Tabla 17. Factor de utilización en función de las características del local.

Coeficiente de Utilización (Cu)					
Indice del local K	Factor de reflexion del techo				
	0.7		0.5		0.3
	Factor de reflexion de las paredes				
	0.5	0.3	0.5	0.3	0.3
Factor de reflexion del piso					
0.5					
0.60	34	34	38	34	34
0.80	40	41	44	41	40
1.00	46	46	49	46	45
1.25	52	51	53	50	50
1.50	56	54	56	53	53
2.00	60	59	60	58	57
2.50	64	62	62	61	60
3.00	67	63	64	62	62
4.00	69	65	65	64	63
5.00	72	66	66	65	64

Fuente: Catalogo Sylvania.  
Elaborado por: Autores de la Investigación.

h) Coeficiente de mantenimiento (cm) o conservación

Por ser la CIMANELE un establecimiento educativo se considera un local limpio, y el factor de mantenimiento de 0,8 %.

Obtenido estos datos se procede a encontrar su flujo luminoso total:

$\Phi T$ = Flujo total que necesita la Zona 1 Aula de tutoría. Utilizamos la Ecuación 29

$E_m$  = 300 lux requeridos por la norma

$S$  = 15,00m<sup>2</sup>

$C_u$ = 0.49

$C_m$ = 0.8

$$\Phi T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m}$$

$$\Phi T = \frac{300 * 15}{0.49 * 0.8}$$



$$\phi T = \frac{4500}{0.392} = 11479.59 \text{ lux}$$

El flujo total que se necesita en la Zona 1 de la CIMANELE es de 11479.59 lúmenes.

- i) Número de luminarias para alcanzar el nivel de iluminación adecuado. Utilizando la Ecuación 30

$\Phi NL$  = Número de luminarias

$\Phi T$  = 11479.59 lúmenes

$\Phi L$  = Flujo luminoso de una lámpara (2950 lm)

$n$  = Número de lámparas que tiene la luminaria (2 unidades)

$$\Phi NL = \frac{\Phi T}{n * \Phi L}$$
$$\Phi NL = \frac{11479.59}{2 * 2950} = 1.95$$

- j) Emplazamiento de las luminarias

Una vez que encontramos el número mínimo de luminarias que se necesita se procederá a distribuir sobre la Zona 1 de la CIMANELE, las luminarias deben encontrarse repartidas de forma uniforme en filas paralelas a los ejes de simetría de la Zona 1.

N ancho =?

NL= 1.95

a= 3m

b=5m

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

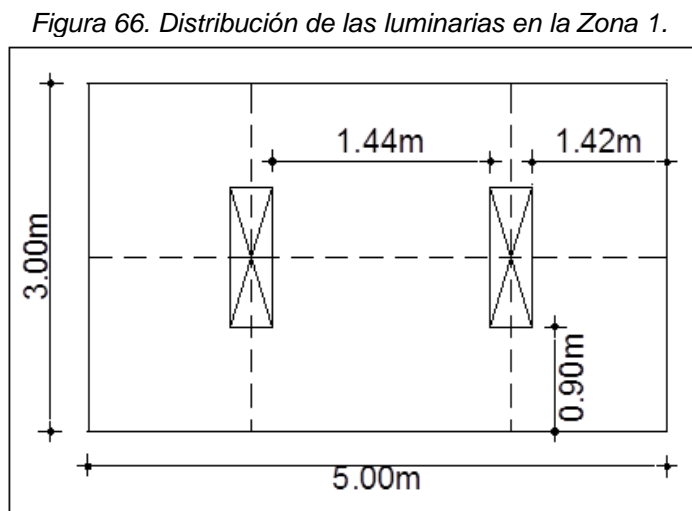
$$N \text{ ancho} = \sqrt{\frac{1.95 * 3}{5}} = 1.08$$

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

$$N \text{ largo} = 1.08 * \left(\frac{5}{3}\right)$$

$$N \text{ largo} = 1.8m$$

Se calculó un número de luminarias de 1.95 que cumple con lo exigido en la norma de 300 luxes, para la distribución y sin afectar al cálculo de distribución se ubicaron 2 luminarias que van en el área a iluminar manteniendo un ambiente óptimo de iluminación, como se muestra en la figura 66.



Fuente: Autores de la Investigación.

k) Determinar si el número de luminarias antes calculadas es el correcto

Comparamos la iluminancia media que obtuvimos en el cálculo con la recomendada.

Determinar la iluminancia media ( $E_m$ )

N Luminaria = 1.95

N lámpara = 2

$\Phi$  Lámpara = 2950 lumen

$C_u$  = 0,49

$C_m$  = 0,8

$S$  = 15 m<sup>2</sup>

$$E_m = \frac{NL * n * \Phi L * C_u * C_m}{S} \geq E \text{ tablas}$$

$$E_m = \frac{1.95 * 2 * 2950 * 0.49 * 0.8}{15} \geq E \text{ tablas}$$

$$E_m = \frac{4509.96}{15} \geq E \text{ tablas}$$

$$E_m = 300.66 \text{ lux} \geq 300 \text{ lux en tablas}$$

Los resultados obtenidos dan un valor que cumple el nivel de iluminancia media que se necesita para este tipo área.

#### 4.2.2.2 Iluminación Zona 2 Área de prácticas.

a) Calculo del flujo luminoso total necesario Zona 2

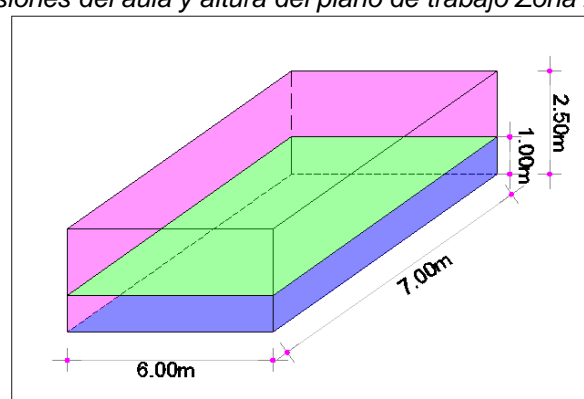
Se tomó en cuenta la forma del laboratorio sus acabados esto influye notoriamente en la reflexión de la luz en el local de estudio. Las dimensiones se muestran en la Tabla 18 y Figura 67.

Tabla 18. Dimensiones de la Zona 2 Laboratorio CIMANELE

DETALLES DE LA ZONA 2 DE LA CIMANELE		
Datos	Símbolo	Dimensión (m)
Ancho	a	5,50
Largo	b	6,00
Altura	H	2,50
Plano de trabajo	h	1,50

Fuente: Investigación Directa.  
Elaborado por: Autores de la Investigación.

Figura 67. Dimensiones del aula y altura del plano de trabajo Zona 2 Área de prácticas.



Fuente: Autores de la Investigación.

b) Nivel de iluminancia media

La Iluminancia media para Aulas de tutoría es de 500 lux

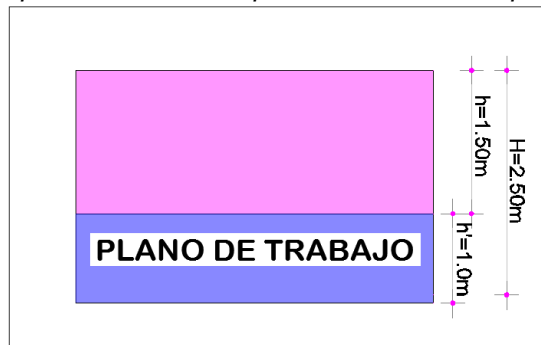
c) Tipo de luminaria a instalarse

Este tipo de luminaria lleva dos lámparas en su interior como se muestra en la Figura 63. Con la información suministrada y el fabricante de la luminaria podemos saber el flujo que tiene la lámpara, que viene expresado en lúmenes (lm), similares a lo descrito en las tablas 15 y 16.

d) Determinación de la altura de suspensión de la luminaria

La altura de suspensión de las luminarias para el laboratorio de la CIMANELE se muestra en la Figura 68, se las colocó lo más alto posible empotradas al techo para una iluminación artificial general uniforme.

Figura 68. Esquema altura de suspensión luminarias al plano de trabajo.



Fuente: Autores de la Investigación.

e) Determinar el coeficiente de utilización

Para encontrar el coeficiente de utilización se debería encontrar el Índice del local y el Coeficiente de reflexión.

f) Índice del local (k)

Se averiguo a partir de la geometría del local mediante la dimensión larga, ancho y altura como se muestra en la tabla 18.

El valor lo obtenido mediante la Ecuación 14:

$$k = \frac{6 * 5.5}{1.50 * (6 + 5.5)} = 1.91$$

g) Coeficiente de reflexión

Se utilizó los valores que se muestra en la Tabla 8.

En caso del laboratorio se tomara 0,5 para el techo; 0.5 para las paredes y 0.5 para el suelo, el índice del local es (1,91), con estos datos encontrar el coeficiente de utilización (Cu), dándonos un valor de Cu= 0,60. Como se muestra en la Tabla 18.

Tabla 18. Factor de utilización en función de las características del local.

Coeficiente de Utilización (Cu)					
Indice del local K	Factor de reflexion del techo				
	0.7		0.5		0.3
	Factor de reflexion de las paredes				
	0.5	0.3	0.5	0.3	0.3
	Factor de reflexion del piso				
	0.5				
0.60	34	34	38	34	34
0.80	40	41	44	41	40
1.00	46	46	49	46	45
1.25	52	51	53	50	50
1.50	56	54	56	53	53
2.00	60	59	60	58	57
2.50	64	62	62	61	60
3.00	67	63	64	62	62
4.00	69	65	65	64	63
5.00	72	66	66	65	64

Fuente: Catalogo Sylvania.

Elaborado por: Autores de la Investigación.

h) Coeficiente de mantenimiento (cm) o conservación

Por ser el laboratorio de la CIMANELE un establecimiento educativo se considera un local limpio, y el factor de mantenimiento de 0,8 %.

Obtenido estos datos se procede a encontrar su flujo luminoso total:

$\Phi T$ = Flujo total que necesita la Zona 2 Área de prácticas, se utilizó la Ecuación 29.

$E_m$  = 500 lux requeridos por la norma

$S$  = 33 m<sup>2</sup>

$C_u$  = 0.60

$C_m$  = 0.8

$$\Phi T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m}$$

$$\Phi T = \frac{500 * 33}{0.60 * 0.8}$$

$$\Phi T = \frac{16500}{0.48} = 34375 \text{ lux}$$

El flujo total que se necesita en la Zona 2 del laboratorio de la CIMANELE es de 34375 lúmenes.

- i) Número de luminarias para alcanzar el nivel de iluminación adecuado. Utilizamos la Ecuación 30

$\Phi_{NL}$  = Número de luminarias

$\Phi_T$  = 34375 lúmenes

$\Phi_L$  = Flujo luminoso de una lámpara (2950 lm)

n = Número de lámparas que tiene la luminaria (2 unidades)

$$\Phi_{NL} = \frac{\Phi_T}{n * \Phi_L}$$
$$\Phi_{NL} = \frac{34375}{2 * 2950} = 5.85$$

- j) Emplazamiento de las luminarias

Una vez encontrado el número mínimo de luminarias que se necesita se procederá a distribuir sobre la Zona 2 de la CIMANELE, las luminarias deben encontrarse repartidas de forma uniforme en filas paralelas a los ejes de simetría de la Zona 2.

N ancho = ?

NL = 5.85

a = 5.5m

b = 6m

$$N \text{ ancho} = \sqrt{\frac{N \text{ total} * a}{b}}$$
$$N \text{ ancho} = \sqrt{\frac{5.85 * 5.5}{6}} = 2.31$$

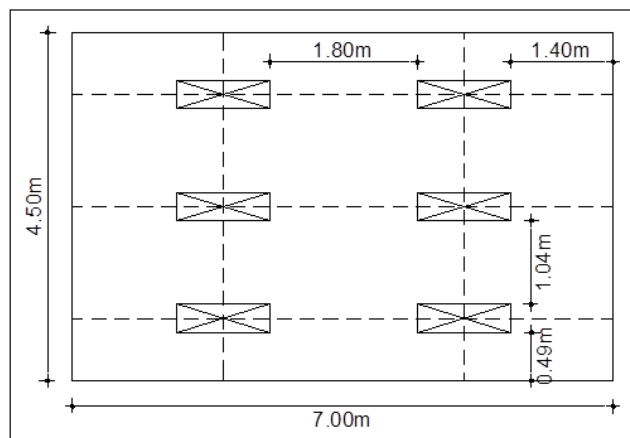
$$N \text{ largo} = N \text{ ancho} \left( \frac{b}{a} \right)$$

$$N \text{ largo} = 2.31 * \left( \frac{5.5}{6} \right)$$

$$N \text{ largo} = 2.52m$$

Se calculó un número de luminarias de 5.85 que cumple con lo exigido en la norma de 500 luxes, para la distribución y sin afectar al cálculo de distribución se ubicaron 6 luminarias que van en el área a iluminar manteniendo un ambiente óptimo de iluminación, como se muestra en la figura 69.

Figura 69. Distribución de las luminarias en el aula.



Fuente: Autores de la Investigación.

- k) Determinamos si el número de luminarias antes calculadas es el correcto

Comparamos la iluminancia media que se obtuvo en el cálculo con la recomendada. Se determinará la iluminancia media ( $E_m$ )

N Luminaria = 5.85

N lámpara = 2



$\Phi$  Lámpara = 2950 lumen

$Cu = 0,60$

$Cm = 0,8$

$S = 33 \text{ m}^2$

$$Em = \frac{NL * n * \Phi L * Cu * Cm}{S} \geq E \text{ tablas}$$

$$Em = \frac{5.85 * 2 * 2950 * 0.60 * 0.8}{33} \geq E \text{ tablas}$$

$$Em = 500 \text{ lux} \geq 500 \text{ lux en tablas}$$

Los resultados obtenidos dan un valor que cumple el nivel de iluminancia media que se necesita para este tipo de área.

#### 4.2.2.3 Iluminación Zona 4 Aula 1.

a) Calcular el flujo luminoso total necesario Zona 4.

Datos se muestran en la tabla 19:

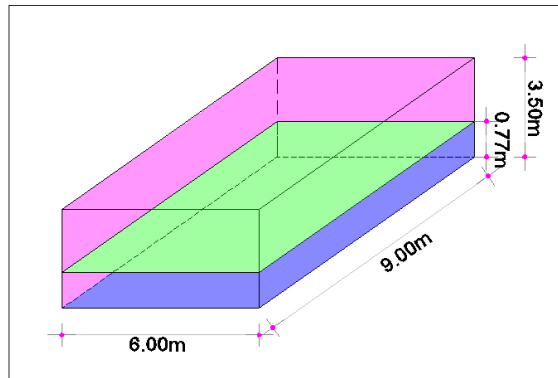
Tabla 19. Dimensiones de la Zona 4 Aula 1.

DETALLES DE LA ZONA 4 DE LA CIMANELE		
Datos	Símbolo	Dimensión (m)
Ancho	a	6,00
Largo	b	9,00
Altura	H	3,50
Plano de trabajo	h	2,73

Fuente: Investigación Directa.

Elaborado por: Autores de la Investigación.

Figura 70. Dimensiones del aula y altura del plano de trabajo Zona 4 Aula 1.



Fuente: Autores de la Investigación.

b) Nivel de iluminancia media.

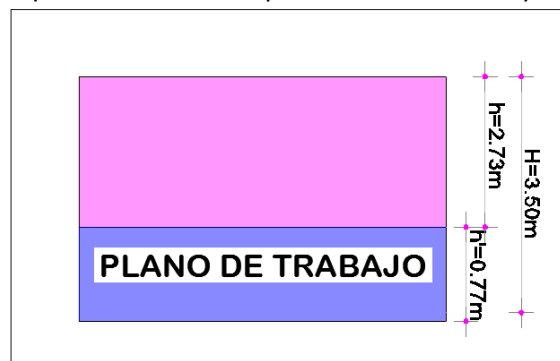
La Iluminancia media para Aulas es de 300 lux.

c) Tipo de luminaria a instalarse.

Este tipo de luminaria lleva dos lámparas en su interior como se muestra en la Figura 68. Con la información extraída del fabricante de la luminaria podemos saber el flujo que tiene la lámpara, que viene expresado en lúmenes (lm).similares a los descritos en las tablas 15 y 16.

d) Determinación de la altura de suspensión de la luminaria se muestra en la Figura 71.

Figura 71. Esquema altura de suspensión luminarias al plano de trabajo.



Fuente: Autores de la Investigación.

e) Determinar el coeficiente de utilización

Para encontrar el coeficiente de utilización se debería encontrar el Índice del local y el Coeficiente de reflexión.

f) Índice del local (k)

Se averiguo a partir de la geometría del local mediante la dimensión larga, ancho y altura como se muestra en la tabla 19.

El valor lo obtuvimos mediante la Ecuación 28:

$$k = \frac{6 * 9}{2.73 * (6 + 9)} = 1.31$$

g) Coeficiente de reflexión.

En caso de las Aulas se tomara 0,5 para el techo; 0.5 para las paredes y 0.5 para el suelo, el índice del local es (1,31), con estos datos encontrar el coeficiente de utilización (Cu), dándonos un valor de Cu= 0,56, como se muestra en la Tabla 20.

Tabla 20. Factor de utilización en función de las características del local.

Coeficiente de Utilizacion (Cu)					
Indice del local K	Factor de reflexion del techo				
	0.7		0.5		0.3
	Factor de reflexion de las paredes				
	0.5	0.3	0.5	0.3	0.3
	Factor de reflexion del piso				
0.5					
0.60	34	34	38	34	34
0.80	40	41	44	41	40
1.00	46	46	49	46	45
1.25	52	51	53	50	50
1.50	56	54	56	53	53
2.00	60	59	60	58	57
2.50	64	62	62	61	60
3.00	67	63	64	62	62
4.00	69	65	65	64	63
5.00	72	66	66	65	64

Fuente: Catalogo Sylvania.

Elaborado por: Autores de la Investigación.

h) Coeficiente de mantenimiento (cm) o conservación

El factor de mantenimiento de 0,8 %.

Obtenido estos datos se procedió a encontrar su flujo luminoso total:

$\Phi T$  = Flujo total que necesita la Zona 4, se utilizó la Ecuación 29

$E_m$  = 300 lux requeridos por la norma

$S$  = 54 m<sup>2</sup>

$C_u$  = 0.56

$C_m$  = 0.8

$$\Phi T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m}$$

$$\Phi T = \frac{300 * 54}{0.56 * 0.8}$$

$$\Phi T = 36160.7 \text{ lux}$$

El flujo total que se necesita en la Zona 4 es de 36160.7 lúmenes.

i) Número de luminarias para alcanzar el nivel de iluminación adecuado. Se utilizó la Ecuación 30

$\Phi NL$  = Número de luminarias

$\Phi T$  = 36160.7 lúmenes

$\Phi L$  = Flujo luminoso de una lámpara (2950 lm)

$n$  = Número de lámparas que tiene la luminaria (2 unidades)

$$\Phi NL = \frac{\Phi T}{n * \Phi L}$$

$$\Phi NL = \frac{36160.7}{2 * 2950} = 6.13$$

Emplazamiento de las luminarias

N ancho =?

NL = 6.13

a= 6 m

b=9 m

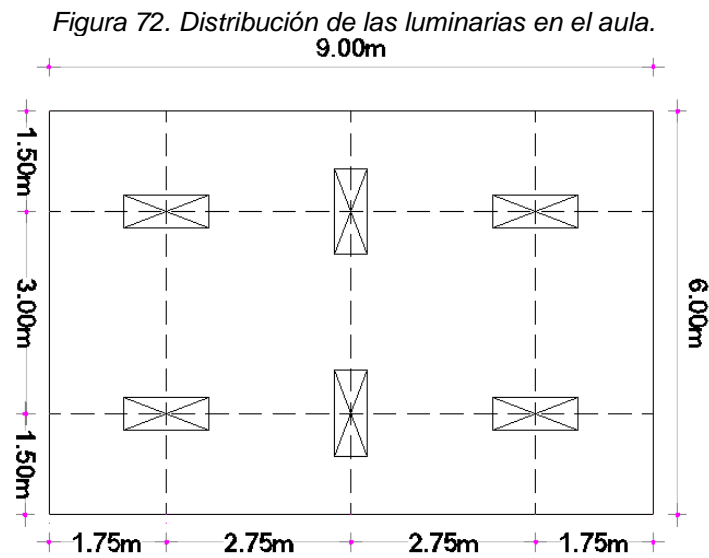
$$N \text{ ancho} = \sqrt{\frac{N \text{ total} * a}{b}}$$

$$N \text{ ancho} = \sqrt{\frac{6.13 * 6}{9}} = 2.02$$

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

$$N \text{ largo} = 3.03m$$

Se ubicaron 6 luminarias que van en el área a iluminar manteniendo un ambiente óptimo de iluminación, como se muestra en la figura 72.



Fuente: Autores de la Investigación.

- j) Determinar si el número de luminarias antes calculadas es el correcto

Comparamos la iluminancia media que se obtuvo en el cálculo con la recomendada.

Determinar la iluminancia media ( $E_m$ )

N Luminaria = 6.13

N lámpara = 2

$\Phi$  Lámpara = 2950 lumen

$C_u$  = 0,56

$C_m$  = 0,8

$S$  = 54 m<sup>2</sup>

$$E_m = \frac{NL * n * \Phi L * C_u * C_m}{S} \geq E \text{ tablas}$$
$$E_m = \frac{6.13 * 2 * 2950 * 0.56 * 0.8}{54} \geq E \text{ tablas}$$
$$E_m = 300 \text{ lux} \geq 300 \text{ lux en tablas}$$

Los resultados obtenidos dan un valor que cumple el nivel de iluminancia media que se necesita para este tipo de área.

#### 4.2.2.4 Iluminación Zona 5 Aula 2.

Por ser el la Zona 4 similar a la Zona 5 y Zona 6 en su geometría, estructura y por ende su coeficiente de utilización, coeficiente de mantenimiento se asume que los datos obtenidos en la Zona 4 son similares para la Zona 5 y Zona 6.

#### 4.2.2.5 Iluminación Zona 9 Hall de entrada 2.

a) Calcular el flujo luminoso total necesario Zona 9.

Los datos se muestran en la Tabla 21:

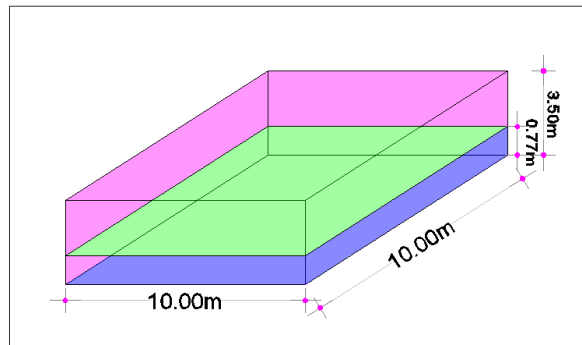
Tabla 21. Dimensiones de la Zona 9 Hall de entrada 2.

DETALLES DE LA ZONA 9 DE LA CIMANELE		
Datos	Símbolo	Dimensión (m)
Ancho	a	10,00
Largo	b	10,00
Altura	H	3,50
Plano de trabajo	h	2,73

Fuente: Investigación Directa.

Elaborado por: Autores de la Investigación.

Figura 73. Dimensiones y altura del plano de trabajo Zona 9.



Fuente: Autores de la Investigación.

b) Nivel de iluminancia media.

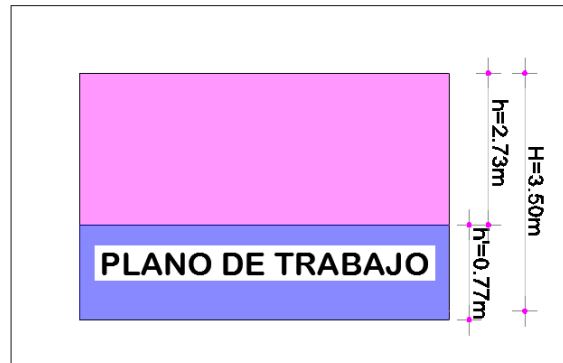
La iluminancia media para Halls de entrada es de 200 lux.

c) Tipo de luminaria a instalarse.

Este tipo de luminaria lleva dos lámparas en su interior como se muestra en la Figura 68. Con la información extraída del fabricante de la luminaria podemos saber el flujo que tiene la lámpara, que viene expresado en lúmenes (lm), similares a los descritos en la tabla 15 y 16.

d) Determinación de la altura de suspensión de la luminaria, como se muestra en la Figura 74.

Figura 74. Esquema altura de suspensión luminarias al plano de trabajo.



Fuente: Autores de la Investigación.

e) Determinar el coeficiente de utilización

Para encontrar el coeficiente de utilización se debería encontrar el Índice del local y el Coeficiente de reflexión.

f) Índice del local (k)

Se averiguo a partir de la geometría del local mediante la dimensión larga, ancho y altura como se muestra en la tabla 21.

El valor obtenido mediante la Ecuación 28 fue:

$$k = \frac{10 * 10}{2.73 * (10 + 10)} = 1.83$$

g) Coeficiente de reflexión.

En caso de los Halls de entrada se tomará 0,5 para el techo; 0.5 para las paredes y 0.5 para el suelo, el índice del local es (1,83), con estos datos encontrar el coeficiente de utilización ( $C_u$ ), dándonos un valor de  $C_u= 0,60$ . Como se muestra en la Tabla 22.



Tabla 22. Factor de utilización en función de las características del local.

Coeficiente de Utilización (Cu)					
Indice del local K	Factor de reflexion del techo				
	0.7		0.5		0.3
	Factor de reflexion de las paredes				
	0.5	0.3	0.5	0.3	0.3
	Factor de reflexion del piso				
	0.5				
0.60	34	34	38	34	34
0.80	40	41	44	41	40
1.00	46	46	49	46	45
1.25	52	51	53	50	50
1.50	56	54	56	53	53
2.00	60	59	60	58	57
2.50	64	62	62	61	60
3.00	67	63	64	62	62
4.00	69	65	65	64	63
5.00	72	66	66	65	64

Fuente: Catalogo Sylvania.

Elaborado por: Autores de la Investigación.

h) Coeficiente de mantenimiento (cm) o conservación

El factor de mantenimiento de 0,8 %.

Obtenido estos datos se procede a encontrar su flujo luminoso total:

$\Phi T$ = Flujo total que necesita la Zona 9, utilizamos la Ecuación 29.

$E_m$  = 200 lux requeridos por la norma

$S$  = 100 m<sup>2</sup>

$C_u$ = 0.60

$C_m$ = 0.8

$$\Phi T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m}$$

$$\Phi T = \frac{200 * 100}{0.60 * 0.8}$$

$$\Phi T = 41666.66 \text{ lux}$$

El flujo total que se necesita en la Zona 9 es de 41666.66 lúmenes.

l) Número de luminarias para alcanzar el nivel de iluminación adecuado. Utilizamos la Ecuación 30.

$\Phi NL$ = Número de luminarias

$\Phi T$ = 41666.66 lúmenes

$\Phi L$  = Flujo luminoso de una lámpara (2950 lm)

n = Número de lámparas que tiene la luminaria (2 unidades)

$$\Phi NL = \frac{\Phi T}{n * \Phi L}$$
$$\Phi NL = \frac{41666.66}{2 * 2950} = 7.06$$

i) Emplazamiento de las luminarias

N ancho = ?

NL = 7.06

a = 10 m

b = 10 m

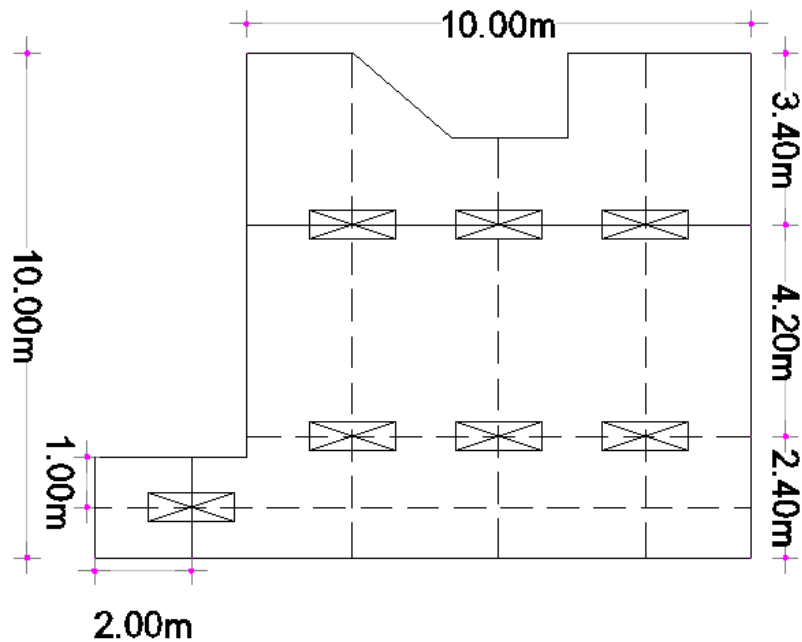
$$N \text{ ancho} = \sqrt{\frac{N \text{ total} * a}{b}}$$
$$N \text{ ancho} = \sqrt{\frac{7.06 * 10}{10}} = 2.65$$

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

$$N \text{ largo} = 2.65 \text{ m}$$

Se ubicaron 7 luminarias que van en el área a iluminar adaptándose a la geometría del ambiente, manteniendo un ambiente óptimo de iluminación, como se muestra en la Figura 75.

Figura 75. Distribución de las luminarias en la Zona 9.



Fuente: Autores de la Investigación.

- j) Determinar si el número de luminarias antes calculadas es el correcto

Comparando la iluminancia media que se obtuvo en el cálculo con la recomendada.

Determinar la iluminancia media ( $E_m = ?$ )

N Luminaria = 7.06

N lámpara = 2

$\Phi$  Lámpara = 2950 lumen

$C_u = 0,60$

$C_m = 0,8$

$S = 100 \text{ m}^2$

$$E_m = \frac{NL * n * \Phi L * C_u * C_m}{S} \geq E \text{ tablas}$$

$$E_m = \frac{7.06 * 2 * 2950 * 0.60 * 0.8}{100} \geq E \text{ tablas}$$

$$E_m = 200 \text{ lux} \geq 200 \text{ lux en tablas}$$

Los resultados obtenidos dan un valor que cumple el nivel de iluminancia media que se necesita para este tipo de área.

#### 4.2.2.6 Iluminación Zona 10 Hall de entrada 1

a) Calcular el flujo luminoso total necesario Zona 10

Datos se muestran en la Tabla 23:

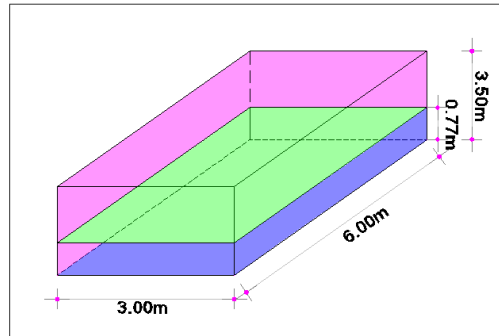
Tabla 23. Dimensiones de la Zona 10 Hall de entrada 1.

DETALLES DE LA ZONA 10 DE LA CIMANELE		
Datos	Símbolo	Dimensión (m)
Ancho	a	3,00
Largo	b	6,00
Altura	H	3,50
Plano de trabajo	h	2,73

Fuente: Investigación Directa.

Elaborado por: Autores de la Investigación.

Figura 76. Dimensiones del aula y altura del plano de trabajo Zona 10.



Fuente: Autores de la Investigación.

b) Nivel de iluminancia media

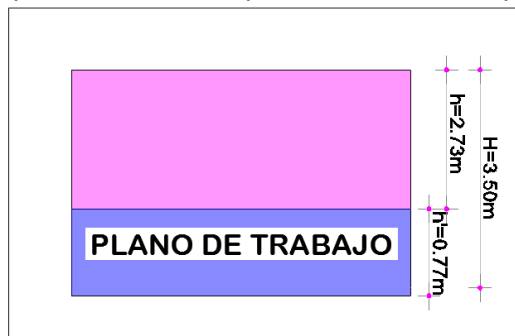
La Iluminancia media para Halls de entrada es de 200 lux.

c) Tipo de luminaria a instalarse. Este tipo de luminaria lleva dos lámparas en su interior como se muestra en la Figura 68.

Con la información extraída del fabricante de la luminaria podemos saber el flujo que tiene la lámpara, que viene expresado en lúmenes (lm). Similares a los descritos en la tabla 15 y 16.

- d) Determinación de la altura de suspensión de la luminaria, se muestra en la Figura 77.

Figura 77. Esquema altura de suspensión luminarias al plano de trabajo



Fuente: Autores de la Investigación.

- e) Determinar el coeficiente de utilización

Para encontrar el coeficiente de utilización se debería encontrar el Índice del local y el Coeficiente de reflexión.

- f) Índice del local (k)

Se averiguo a partir de la geometría del local mediante la dimensión larga, ancho y altura como se muestra en la tabla 23.

El valor lo obtuvimos mediante la fórmula:

$$k = \frac{3 * 6}{2.73 * (3 + 6)} = 0.73$$

- g) Coeficiente de reflexión

En caso de Halls de entrada se tomó 0,5 para el techo; 0.5 para las paredes y 0.5 para el suelo, el índice del local es (0,73), con estos datos

encontrar el coeficiente de utilización (Cu), dando un valor de Cu= 0,44, como se muestra en la Tabla 24.

Tabla 24. Factor de utilización en función de las características del local.

Coeficiente de Utilización (Cu)					
Indice del local K	Factor de reflexion del techo				
	0.7		0.5		0.3
	Factor de reflexion de las paredes				
	0.5	0.3	0.5	0.3	0.3
	Factor de reflexion del piso				
	0.5				
0.60	34	34	38	34	34
0.80	40	41	44	41	40
1.00	46	46	49	46	45
1.25	52	51	53	50	50
1.50	56	54	56	53	53
2.00	60	59	60	58	57
2.50	64	62	62	61	60
3.00	67	63	64	62	62
4.00	69	65	65	64	63
5.00	72	66	66	65	64

Fuente: Catalogo Sylvania.

Elaborado por: Autores de la Investigación.

h) Coeficiente de mantenimiento (cm) o conservación

El factor de mantenimiento de 0,8 %.

Obtenido estos datos se procede a encontrar su flujo luminoso total:

$\Phi T$  = Flujo total que necesita la Zona 10. Utilizando la Ecuación 29

$E_m$  = 200 lux requeridos por la norma

$S$  = 18 m<sup>2</sup>

$C_u$  = 0.44

$C_m$  = 0.8

$$\Phi T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m}$$

$$\Phi T = \frac{200 * 18}{0.44 * 0.8}$$

$$\Phi T = 10227.27 \text{ lux}$$

El flujo total que se necesita en la Zona 10 es de 10227.27 lúmenes.

- i) Número de luminarias para alcanzar el nivel de iluminación adecuado. Utilizamos la Ecuación 30.

$\Phi_{NL}$  = Número de luminarias

$\Phi_T$  = 10227.27 lúmenes

$\Phi_L$  = Flujo luminoso de una lámpara (2950 lm)

n = Número de lámparas que tiene la luminaria (2 unidades)

$$\Phi_{NL} = \frac{\Phi_T}{n * \Phi_L}$$

$$\Phi_{NL} = \frac{10227.27}{2 * 2950} = 1.73$$

- j) Emplazamiento de las luminarias

Datos:

N ancho = ?

NL = 1.73

a = 3 m

b = 6 m

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

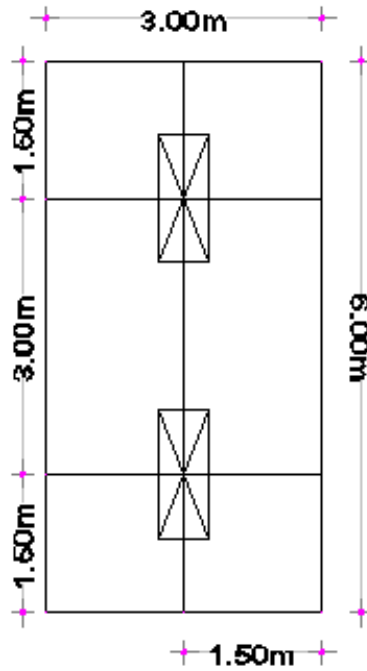
$$N \text{ ancho} = \sqrt{\frac{1.73 * 3}{6}} = 0.93$$

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

$$N \text{ largo} = 1.86m$$

Se ubicaron 2 luminarias que van en el área a iluminar manteniendo un ambiente óptimo de iluminación, como se muestra en la Figura 78.

Figura 78. Distribución de las luminarias en la Zona 10



Fuente: Autores de la Investigación.

k) Determinar si el número de luminarias antes calculadas es el correcto

Comparamos la iluminancia media que obtuvo en el cálculo con la recomendada.

Determinar la iluminancia media ( $E_m$ )

Datos:

N Luminaria = 1.73

N lámpara = 2

$\Phi$  Lámpara = 2950 lumen

$C_u$  = 0,44

$C_m$  = 0,8

$S$  = 18 m<sup>2</sup>

$$E_m = \frac{NL * n * \Phi L * C_u * C_m}{S} \geq E \text{ tablas}$$

$$E_m = \frac{1.73 * 2 * 2950 * 0.44 * 0.8}{18} \geq E \text{ tablas}$$

$$E_m = 200 \text{ lux} \geq 200 \text{ lux en tablas}$$



Los resultados obtenidos dan un valor que cumple el nivel de iluminancia media que se necesita para este tipo de área.

#### *4.2.3 Implementación de un sistema de seguridad.*

Se realizó el reconocimiento de las diferentes áreas de los laboratorios y ambientes de la CIMANELE con el fin de identificar los puntos críticos para la ubicación de los diferentes sensores y también nos ayudó para realizar un plano en el cual se pudo planificar la colocación del panel de control y los demás componentes del sistema de alarma.

Tal como se muestra en el Anexo 7, se puede apreciar que constan con diferentes áreas.

##### a) Distribución de los elementos del sistema de seguridad.

Las áreas contarán con los siguientes dispositivos de seguridad:

Zona 1 Hall de entrada: Esta área tiene dos sensores de presencia los cuales fueron instalados en la parte superior de la entrada y en la parte esquinera del fondo de esta área a una altura de 3.50m.

También se instaló un sensor magnético al ingreso de esta área, este magnético se ubicó en la parte superior de la puerta.

Zona 2 Área de Prácticas: Esta área contó con un sensor de presencia el cual se instaló en la parte superior de la entrada de esta área a una altura de 2.50m.

Las dimensiones de esta área son de 6.00m x 5.50m por lo que con un solo sensor de presencia basta para proteger esta área. Los rangos de protección del sensor de presencia se muestran en el Anexo 8.

También se instaló un sensor magnético al ingreso de esta área, este magnético se ubicó en la parte superior de la puerta.

Zona 3 Laboratorio de Computación: Esta área contara con dos sensores de presencia los cuales se instaló en la parte superior de la entrada de esta área a una altura de 3.50m.

Las dimensiones de esta área son de 9.00m x 5.00m por lo q con un solo sensor de presencia basta para proteger esta área. Los rangos de protección del sensor de presencia se muestran en el Anexo 8.

Zona 4 Aulas 1, 2, 3: Las diferentes aulas cuentan con un sensor de presencia para cada aula, las dimensiones de estas áreas son de 6.00m x 9.00m, por lo que con un solo sensor de presencia para cada aula bastara para proteger estas áreas. El sensor fue instalado a una altura de 3.50m. Los rangos de protección de cada sensor de presencia se muestran en el Anexo 10.

Zona 5 Archivo: Las dimensiones de esta área son de 3.00m x 2.50m, en esta área se colocó un sensor de humo en caso de que se produzca un incendio.

Los rangos de protección del sensor de se muestran en el Anexo 8.

Zona 6 Secretariado: Esta área contó con dos sensores de presencia, las dimensiones de estas área son de 9.00m x 3.00m, por lo q con los dos sensores de presencia bastara para proteger esta área.

Los sensores fueron instalados a una altura de 3.50m. Los rangos de protección de cada sensor de presencia se muestran en el Anexo 8.

En esta área se colocara un teclado junto al ingreso de la puerta empotrado en la pared a 1.5m de altura

Zona 7 Aula de tutoría: Esta área contó con un sensor de presencia, las dimensiones de esa área son de 5.00m x 3.00m, por lo que con un solo sensor de presencia bastará para proteger esta área.

El sensor fue instalado a una altura de 2.50m. Los rangos de protección del sensor de presencia se muestran en el Anexo 8.

b) Distribución de zonas.

Las zonas son los lugares que se van a proteger con el sistema que contienen los diferentes dispositivos de alarma por zona conectado de acuerdo a sus principios de funcionamiento y número.

Con los dispositivos utilizados se requieren un total de 7 zonas para tener un funcionamiento adecuado y eficiente del sistema. La distribución por zonas de los dispositivos es mostrada en la Tabla 25.

*Tabla 25. Distribución por zonas del sistema de alarma.*

ZONA	CANTIDAD	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
1	1	Sensor de presencia	AULA DE TUTORÍA
2	1	Sensor de presencia	ÁREA DE PRACTICAS
	1	Sensor magnético	
	1	Sensor de humo	
	1	Botón de emergencia	
	1	Teclado	
3	2	Sensor de presencia	LABORATORIO DE COMPUTACIÓN
	1	Sensor de humo	
4	3	Sensor de presencia	AULAS
5	1	Sensor de humo	ARCHIVO
6	1	Teclado	SECRETARIADO
	1	Botón de emergencia	
	2	Sensor de presencia	
7	2	Sensor de presencia	HALL DE ENTRADA
	1	Sensor magnético	

*Fuente: Investigación Directa.*

*Elaborado por: Autores de la Investigación.*

Todos los sensores de la alarma fueron calibrados y verificado su funcionamiento normal dentro de la configuración del sistema de seguridad electrónica.

c) Descripción de los elementos instalados

Para la selección de los dispositivos a utilizarse en el sistema de alarmas se consideró las características técnicas que mejor se adapten a los requerimientos de seguridad buscando la eficiencia del sistema tanto en el aspecto funcional como el económico.

Sensor magnético: Se utilizó el sensor magnético adhesivo genérico 7/8 pulgadas para las puertas de ingreso al laboratorio de prácticas y al laboratorio de computación con funcionamiento normalmente cerrado, que comúnmente se los denomina Contactos Magnéticos Normales, como se muestra en la Figura 79 y sus especificaciones en la Tabla 26.

*Figura 79. Sensor magnético.*



*Fuente: Autores de la Investigación.*

*Tabla 26. Especificaciones técnicas.*

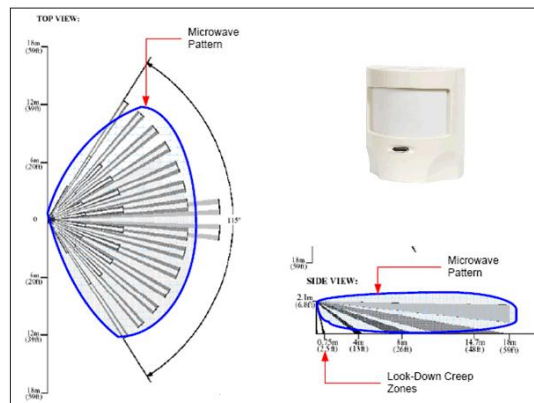
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
MODO DE CONEXIÓN	N/C o N/O
CORRIENTE	100mA
VOLTAJE	200VDC
DISTANCIA DEL FUNCIONAMIENTO	MAS DE 15mm, MENOS DE 25mm

POTENCIA	3W
DIMENSIÓN	27*14*8mm

Fuente: *Catalogo Sensor Magnético.*  
 Elaborado por: *Autores de la Investigación.*

Sensor de presencia: Se utilizó los sensores de presencia de rayos infrarrojos pasivo PIR en las diferentes áreas porque su tecnología infrarroja única, es suficiente para trabajar en estos ambientes, debido a que no existe la presencia de polvo excesivo ni de mascotas que puedan producir falsas alarmas, además de que las áreas a cubrir son pequeñas, como se muestra en la Figura 80 y la Tabla 27 muestra las especificaciones.

Figura 80. Cobertura del sensor de presencia.



Fuente: [http://www.mokedglobal.com/es/images/artigos/alarme\\_10.jpg](http://www.mokedglobal.com/es/images/artigos/alarme_10.jpg)

Para este proyecto se utilizó el sensor DSC LC-100 cuyas especificaciones técnicas son las siguientes.

Tabla 27. Especificaciones técnicas.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
SENSIBILIDAD	AJUSTABLE
MÉTODO DE DETECCIÓN	QUAD (CUATRO ELEMENTOS)PIR
ALIMENTACIÓN	8.2 A 16 VDC
CONSUMO DE CORRIENTE	EN ESPERA: 8mA (-5%) ACTIVO: 10mA (-5%)
INDICADOR LED	LED ACTIVO (ON) DURANTE LA ALARMA

SALIDA DE ALARMA	NC 28VDC 0,1ª RELÉ DE SALIDA
ANTI-MASCOTAS	HASTA 25kg (55lbs.)
DIMENSIONES	92mmX62,5mmX40mm
PESO	40gr(1.4oz)
AMPERAJE	NC 28VDC 0,1ª

*Fuente: Catalogo Sensor Sensor de Presencia.  
Elaborado por: Autores de la Investigación.*

Instalación del sensor: Las conexiones del bloque de terminales se aprecian en el Figura 81.

Terminal 1 y 2. Estos terminales, marcado T2 y T1 (TAMPER). Si requiere una función de seguridad, se debe conectar estos terminales a una de zona protectora normalmente cerrada de 24 horas en la unidad de control. Si se abre la tapa frontal del detector, se enviará inmediatamente una señal de alarma a la unidad de control.

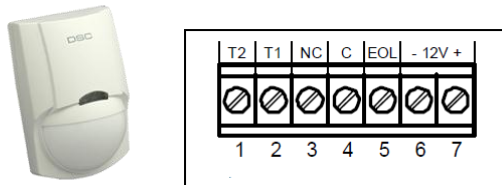
Terminal 3 y 4 Marcados como “NC” y “C” (RELAY). Se trata de los contactos del relé de salida de la alarma del detector. Se conectó una zona normalmente cerrada del panel de control.

Terminal 5. Marcado como “EOL”, opción de final de línea. Se utilizó este terminal para conectar la resistencia según la configuración “End Of Line” (Final de línea). Este terminal permite la rápida instalación de una resistencia EOL; no se conecta internamente al detector, sino que proporciona un cómodo punto de unión para la conexión del bucle del cable de la zona desde el panel de control a la resistencia EOL.

Terminal 6. Marcado como “-“ (GND). Se conectó a la salida de tensión negativa o a la tierra del panel de control.

Terminal 7 Marcado como “+” (+12 V). Se conectó a una salida de tensión positiva de entre 8,2 y 16 V CC (habitualmente procede de la unidad de control de la alarma).

Figura 81. Terminales DSC LC-100



Fuente: Catalogo Sensor Sensor de Presencia.

Sensor de humo: Para este proyecto se utilizó el detector de humo marca DSC, modelo FSA-410B que se puede observar en la Figura 87. Este sensor de humo fotoeléctrico tiene conexión de 4 hilos con salidas N/C ó N/O, el reset del sensor es manual o automático (auto-reset). Como se muestra en la Figura 82 y sus especificaciones en la Tabla 28.

Figura 82. Sensor de humo.



Fuente: Catalogo Sensor de Humo.

Tabla 28. Especificaciones técnicas.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
DIÁMETRO	5.8in (147mm)
ALTURA	2.077in(528mm)
TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO	32-100 °F(0-37.8°C)
HUMEDAD	5%-93% DE HUMEDAD
RANGO DE TENSIÓN	10-30 VDC
MÁXIMA CORRIENTE EN REPOSO	20 <sup>a</sup> @ 12 O 24 VCC

MÁXIMA CORRIENTE DE LA ALARMA	25mA-90mA
ULC HUMO SENSIBILIDAD	2%+-0,5%
HUMO DE SENSIBILIDAD UL	3%+-0,8%
EL CALOR DE ALARMA	135° F (57° C)
SISTEMA 12V	500Ohm
SISTEMA 24V	1000Ohm
VALORACIÓN DEL RELÉ AUXILIAR	2ª @ 30VDC
VALORACIÓN DE ALARMA DE RELÉ	2ª @ 30VDC

*Fuente: Catalogo Sensor Sensor de Humo.  
Elaborado por: Autores de la Investigación.*

Botón de emergencia: En caso de una emergencia se instaló botones de emergencia en las áreas de secretariado y área de prácticas, se utilizó un pulsador modelo Longhorn ho02, cuerpo plástico, contactos COM, N/C, de 75mm x 20mm x 7mm que se observa en la Figura 83.

*Figura 83. Botón de emergencia.*



*Fuente: Catalogo Sensor Sensor de Humo*

Tarjeta alarma DSC PC 585: Se instaló una tarjeta de alarma de la serie DSC PC 585 que posee 4 zonas cableadas. Esta tarjeta cumple con todos los requerimientos; tomando en consideración los precios, la disponibilidad del software de control para este tipo de paneles, como se muestra en la Figura 84 y sus especificaciones en la Tabla 29.



Figura 84. Panel PC 585 DSC.



Fuente: Autores de la Investigación

Las características técnicas de la tarjeta de la alarma se puede observar en la Tabla 29.

Tabla 29. Características técnicas PC 585.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
RANGO DE TEMPERATURA	0 C - 49 C (32 F - 120 F)
HUMEDAD MÁXIMA	HUMEDAD RELATIVA DE 93%
ALIMENTACIÓN	16VCA 50/60 Hz
CONSUMO DE CORRIENTE	2.5ª máx.
AUX + SALIDA	11.1 - 13.6VCC/700mA
SALIDA DE SIRENA	11.1 - 13.6VCC/700mA
ZONAS EN LA TARJETA	4
ZONAS CON HILO	32
SOPORTE PARA ZONAS DE TECLADO	SI
SALIDAS PGM EN LA TARJETA	PGM1 - 300mA
	PGM2 - 50mA
EXPANSIÓN PGM	8X50mA
	4X500mA
TECLADOS	8
PARTICIONES	4
CÓDIGOS DE USUARIO	32+ CÓDIGOS MAESTROS
MEMORIA DE EVENTOS	500 EVENTOS
TRANSFORMADOR NECESARIO	16.5 VAC/40VA
BATERÍA NECESARIA	4Ah/7Ah/14Ahr

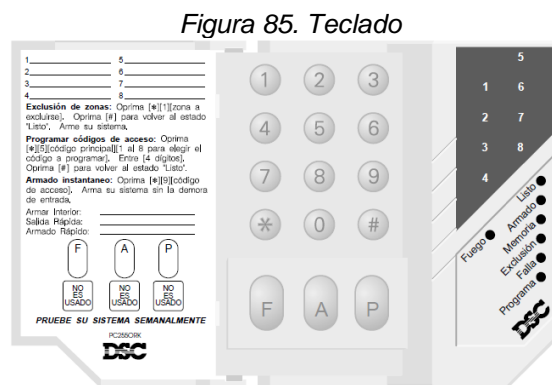
Fuente: Catalogo PC 585 DSC.

Elaborado por: Autores de la Investigación.

Conexión del Hardware: En el Anexo 9 se observa las conexiones de los dispositivos que conforman la central de la alarma PC 585.

Teclado: En el sistema de alarma instalado se utilizó un teclado marca DSC, que es compatible con la tarjeta de alarma PC 2550.

Este teclado está ubicado junto a la puerta de ingreso al área de oficinas y área de prácticas empotrada en la pared a 1.5 m de altura, como se muestra en la Figura 85.



*Fuente: Catalogo Teclado.*

Baterías de respaldo: Por tratarse de un sistema de seguridad, nunca puede estar sin energía, ya que en esas condiciones los laboratorios y ambientes de la CIMANELE queda vulnerable a cualquier evento.

Por esta razón se debe utilizar baterías de respaldo para el panel de la alarma mediante este equipo se tiene un tiempo adicional de funcionamiento del sistema después de perder la fuente energía principal, para tomar las acciones necesarias que garanticen la seguridad, hasta que la alimentación principal retorne. Se utilizó la batería FAMMA 4<sup>a</sup>/12VDC, como se muestra en la Figura 86.

Figura 86. Batería de respaldo.



Fuente: Catalogo de Batería.

Sirena: En el sistema de alarma implementado se encuentra conectada a la central de la alarma una sirena, que se activa en caso de intrusión. En este proyecto se incorporó una sirena de 30 Watts de potencia de marca DSC, y modelo SD30W. La misma que se encuentra instalada en la parte superior del panel de control de la alarma, como se muestra en la Figura 87.

Figura 87. Sirena de 30 Watts.



Fuente:<http://www.brielco.net/data/productos/ALTAVOZ%20EXPONENCIAL%2030W%208%20OHMIOS.jpg>.

Tipo de cable: En los laboratorios va a existir ruido eléctrico debido a la presencia de motores, computadores, maquinarias, las mismas que funcionan con voltaje bifásico y trifásico, para que no existan interferencia con el sistema de alarma, se usó el cable UTP categoría 5E , por sus características para transmisión de datos, como se muestra en la Figura 88.

El cable UTP categoría 5e CAT5, CAT5e, es la designación del cable de par trenzado y conectores que se desempeñan hasta 100 MHz y rangos de datos de 100 Mbps. Los cables de categoría 5 son los UTP con más prestaciones de los que se dispone hoy en día.

*Figura 88. Cable UTP categoría 5e.*



*Fuente:* <http://www.seguridad-nonex.com/604-668-large/saxxon-utp5ecopl01-cable-utp-blanco-categoria-5e-100-cobre-bobina-305-mts-redes-video-4-pares.jpg>.

Gabinete metálico: Este gabinete metálico sirve para instalar la central de la alarma, batería de 4 Amp, Transformador 16.5 VAC. Este gabinete tiene una dimensión de 22x24x8 cm, como se muestra en la Figura 89.

*Figura 89. Gabinete metálico*



*Fuente:* [http://www.dcm.com.ar/imagenes/img\\_prod/cm100.jpg](http://www.dcm.com.ar/imagenes/img_prod/cm100.jpg)

d) Tendido del cableado del sistema de seguridad.

La instalación del cableado de los elementos del sistema de seguridad se lo realizó tomando en cuenta los diseños establecidos en el estudio anteriormente realizado.

En el techo del archivo y del laboratorio de computación se utilizó en unos pequeños tramos canaleta plástica (13mm x 7 mm) para ubicar correctamente los sensores de humo, debido a que el techo es de hormigón.

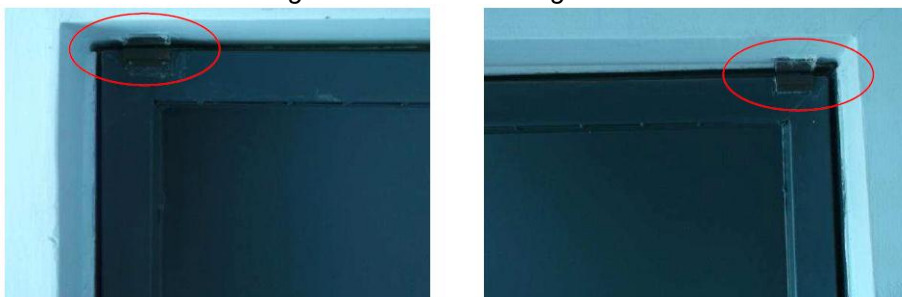
Se utilizó el cable UTP categoría 5e, cable multipar 3 pares, gemelo 2x22 y gemelo 2x18 para la conexión de los elementos del sistema de alarmas.

En el Anexo 10, describe el tendido y la descripción del cableado del sistema de seguridad electrónica.

e) Instalación de los equipos del sistema de alarma.

Instalación del sensor magnético: Los sensores magnéticos se instalaron en las puertas de ingreso a laboratorio y el área de oficinas. Se colocó el imán de cada sensor en la esquina superior de cada puerta mientras que el magneto se lo colocó en el marco metálico de las puertas, como se muestra en la Figura 90.

*Figura 90. Sensores magnéticos*



*Fuente: Autores de la Investigación*

f) Instalación del sensor de presencia.

Los sensores de presencia se instalaron tomando en cuenta la vulnerabilidad de cada lugar, las actividades que se realizan, y el área a cubrir. Además se tomó en consideración la cobertura de cada sensor, como se muestra en la Figura 91.

*Figura 91. Sensores de presencia.*



*Fuente: Autores de la Investigación*

g) Instalación de la sirena.

La sirena se instaló bajo el techo del área de prácticas.

h) Instalación del teclado de la alarma.

Este equipo se lo instaló en el ingreso del área de oficinas y en el área de prácticas a 1.5 m de altura.

i) Instalación del panel de la alarma

El panel de alarmas utilizado es el PC 585 para su instalación se ubicó primero la caja metálica de protección del panel dentro en la pared del área de prácticas; asegurándose de tener cerca un toma corriente.

### 4.3 Análisis y resultados.

Con la ejecución de este proyecto se pudo crear un espacio agradable con la infraestructura adecuada que permita tanto a los docentes como al estudiantado desenvolverse en ambientes óptimos para el desarrollo de sus actividades. Al cumplir con este proyecto se obtuvo un laboratorio y ambientes con instalaciones eléctricas seguras, iluminación óptima y seguridad en la CIMANELE.

#### *4.3.1 Medición de la resistencia puesta a tierra*

Culminado la implementación del sistema de puesta a tierra se procedió a tomar lecturas de la resistencia puesta a tierra bajo el método de la caída de tensión o de los tres puntos. Para lo cual se tomó las consideraciones de los equipos citadas anteriormente en el inciso 2.5.10.4 cuyos valores obtenidos se resumen en la Tabla 30:

Tabla 30. Valores de resistencia de puesta a tierra.

a = 30m			
	52% de a (15.6m)	62% de a(18.6m)	72% de a(21.6m)
Resistencia	4.4	5.8	8.1
a= 40m			
	52% de a (20.8m)	62% de a(24.8m)	72% de a(28.8m)
Resistencia	5.45	6.74	8.39
a= 50m			
	52% de a (26m)	62% de a(31m)	72% de a(36m)
Resistencia	5.68	6.25	7.42

Fuente: Investigación Directa.

Elaborado por: Autores de la Investigación.

Como podemos observar en la tabla el valor de resistencia al aumentar la distancia de separación con respecto a la toma de tierra toma valores más exactos lo que permitió determinar que el valor de resistencia de tierra es aproximadamente 6 ohmios.

La conexión perfecta a tierra tendría resistencia cero, pero esto es imposible de obtener. Resistencias a tierra de menos de  $1\Omega$  pueden ser obtenidas. Para subestaciones y estaciones de generación, la resistencia a tierra no debe exceder de  $1\Omega$ .

El valor obtenido del sistema se encuentra cerca a lo establecido lo cual si consideramos a los  $5\Omega$  como excelente, colocaríamos a la puesta a tierra realizada como muy buena.

Luego de haber realizado las mediciones y comprobado el valor de la resistencia se procedió a conectar el conductor de puesta a tierra al tablero principal.



#### 4.3.2 Mediciones de iluminancia en el laboratorio de la CIMANELE.

Por último, se comprobó la validez de los resultados mirando si la iluminancia media obtenida en la instalación diseñada es igual o superior a la recomendada en las tablas. La medición se realizó la medición con el luxómetro.

Para lo cual se tomó las consideraciones descritas en el inciso 2.9.1.

Los valores de iluminancia media obtenidos se muestran en la Tabla 31.

*Tabla 31. Resultados Obtenidos de la Iluminación de la CIMANELE.*

<b>ZONA</b>	<b>ILUMINANCIA MEDIA OBTENIDA</b>	<b>ILUMINANCIA MEDIA ANTERIOR</b>
ZONA 1 AULA DE TUTORÍA	299 Lux	61.55 Lux
ZONA 2 ÁREA DE PRACTICAS	500 Lux	39.5 Lux

*Fuente: Investigación Directa.*

*Elaborado por: Autores de la Investigación.*

Con las mediciones realizadas nos da como resultado una iluminancia media óptima para las Zonas 1 y 2, por lo que cumple con la norma utilizada.

Las Zonas restantes, se mantuvieron conversaciones con el director de carrera con el fin de que la colocación de las luminarias será realizada por la carrera en el futuro considerando las especificaciones y recomendaciones dichas en el presente estudio.

#### 4.4 Sistema de seguridad.

Con la implementación de la alarma, la CIMANELE cuenta con seguridad para los laboratorios, oficinas y aulas, ya que de ser forzada, se activarán las sirenas y alertarán a la seguridad privada de la UTN.

Finalmente se elaboró un manual orientados al mantenimiento de los diferentes componentes que conforman el sistema eléctrico, iluminación y seguridad para así evitar posibles fallas previsibles, como se muestra en el Anexo 11.

Para esto se tomó como referencia los diferentes catálogos otorgados por fabricantes de los componentes y también revistas como la OREALC/1998/PI/H/3.

#### 4.5 Estudio económico

Según las características de la readecuación del sistema eléctrico, ambientes y seguridad de la CIMANELE, se adquirió los materiales e insumos que se muestran en la Tabla 32. Así como también se contrató la mano de obra detallada en la Tabla 33.

##### 4.5.1 Materiales utilizados

Tabla 32. Materiales utilizados

Nº	Descripción	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
1	Impermeabilizante de cubierta	2	10	20
2	Cubierta	1	650	650
3	Cable flexible #12	7	35.1	245.7
4	Caja dexo blanca	34	1.6	54.4

5	Tomacorrientes	30	1.2	36
6	Interruptores	4	1	4
7	Canaleta dexo 13x7	50	1.16	58
8	Varillas puesta a tierra de copperweld, 16mm x 1.8m	6	15	90
9	Conductor de cobre Nº 2 AWG	30	2.5	75
10	Soldadura Exotèrmica de 90	8	15	120
11	GEM	2	35	70
12	Tierra negra	1	30	30
13	Lámparas sobrepuestas 2x32W	6	30	180
14	Contacto magnético	1	3.5	3.5
15	Sensor de presencia	6	16.5	99
16	Gabinete metálico	1	15	15
17	Cable gemelo 2x22	50	0.45	22.5
18	Cable UTP cat 5e	150	0.86	129
<b>TOTAL</b>				<b>1700.6</b>

Fuente: Investigación Directa.  
Elaborado por: Autores de la Investigación.

#### 4.5.2 Mano de obra

Tabla 33. Mano de obra.

Actividad	Descripción	Días	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
Impermeabilización Cubierta de laboratorio la CIMANELE	Albañil	4	1	25	100
	Ayudante	4	1	15	60
Cambio de cubierta del Laboratorio de la CIMANELE	Albañil	4	1	25	100
	Ayudante	4	1	15	60
Sistema de Puesta a tierra	Autores	3	2		
Sistema de Iluminación	Autores	5	2		
Sistema eléctrico	Autores	6	2		
Sistema de alarma	Autores	6	2		
<b>TOTAL</b>					<b>220</b>

Fuente: Investigación Directa.  
Elaborado por: Autores de la Investigación.

#### 4.5.3 Inversión total

Una vez conocidos los gastos anteriores sin tomar en cuenta los gastos de mantenimiento podemos sumar y saber cuál es la inversión total del proyecto. Como se muestra en la Tabla 34.

Tabla 34. Inversión total.

<b>Descripción</b>	<b>Costo (\$)</b>
Materiales	1,700.60
Mano de Obra	220.00
Gastos Indirectos	200.00
<b>TOTAL</b>	<b>2,120.60</b>

*Fuente: Investigación Directa.*

*Elaborado por: Autores de la Investigación.*

La inversión utilizada para ejecutar el proyecto de la implementación del sistema eléctrico, iluminación y seguridad de los laboratorios y adecuación de ambientes de la carrera de ingeniería en mantenimiento eléctrico es de 2,120.60 dólares.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- Dadas las características del terreno la malla de puesta a tierra tiende a subir su resistividad por lo cual se debe realizar un mantenimiento preventivo correctivo para que la puesta a tierra siga cumpliendo su objetivo.
- Es importante tener un buen criterio para la aplicación del mejor método para la medición de la resistividad del suelo, cuando se desea calcular en forma apropiada un buen sistema de puesta a tierra. El desconocimiento de la manera de utilizar cualquiera de estos métodos puede conducir a una mala interpretación de los parámetros requeridos y obtención de datos erróneos, dando lugar a sobre costos en el diseño del mismo o cálculos erróneos que se traducen en un valor final por fuera de la norma IEEE-80-2000.
- La solución lumínica obtenida por medio de la aplicación del método de los lúmenes nos permitió de manera sencilla dar soluciones eficientes para la iluminación de las aulas, laboratorios y ambientes de la CIMANELE, quedando pendiente espacios que no cuentan con la correcta eficiencia lumínica debido a que la aplicación se limitó a mejorar el ambiente del laboratorio.

- Este trabajo de grado puede ser considerado como una herramienta básica para el estudio y la implementación, mediante la utilización de los conceptos básicos en el alumbrado de interiores ya que trata en su contenido criterios que pueden ser aplicados para el diseño del sistema de iluminación interior además proporciona en forma muy práctica la aplicación de cálculos para la selección de luminarias y tipo de lámparas a utilizar en un sistema de iluminación.
- Durante la implementación del sistema de alarma se entendió que un sistema de seguridad no necesariamente tiene que estar conectado a una empresa de monitoreo, sino que esta puede alertar a un grupo organizado de personas, como una aplicación de una seguridad privada, del área protegida está siendo allanada. Además el sistema implementado cumple con diferentes tareas como el ingreso de una clave a través de un teclado matricial para evitar falsas alarmas, chequeo interno a través de los sensores para la seguridad, leds indicadores de estado y el sonido de sirena.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Debido al suelo erosionado en el que está cimentado el edificio de educación Técnica se recomienda sembrar plantas y árboles en el lugar donde se ubicó la puesta a tierra, con el objetivo de que estas aumenten la humedad del suelo y mejoren su resistividad.
- El Gobierno Ecuatoriano ha implementado políticas de ahorro de energía sustentadas en el cambio de matriz energética; siendo la CIMANELE una carrera que tiene relación directa con el tema, debería ser un ejemplo en el uso eficiente de la energía motivo por el cual se recomienda a mediano o largo plazo diseñar e implementar un sistema de iluminación inteligente destinado al ahorro de electricidad.
- Durante el desarrollo de la investigación bibliográfica se encontró cinco métodos de medición de resistividad de terrenos, por lo cual se recomienda en base al presente trabajo bibliográfico se realicen prácticas de medición que permitan a los estudiantes comprender de mejor manera la teoría y desarrollar habilidades técnicas.
- Se recomienda limpiar periódicamente las luminarias, ya que la suciedad disminuye el nivel de iluminación de una lámpara hasta en un 20%, Además remplazar lámparas fluorescentes T-12 convencionales de 40W por fluorescentes delgadas de T-8 de 36W ya que iluminan igual, pero el remplazo significa un ahorro económico de 10%, ya que los T-8 consumen 4W menos, utilizan los mismos sockets y además su valor es menor.
- Se recomienda aprovechar la funcionalidad de llamada de emergencia que posee la alarma y que no se instaló debido que no dispone la CIMANELE de una línea tradicional de telefonía que

permitiría alertar a la persona encargada que ha sucedido una anomalía en cualquier zona protegida.



## BIBLIOGRAFÍA

1. LEIVA F. Febrero. (2010). Investigación Científica, Quinta Edición, Quito-Ecuador
2. DEYMOR B. (2003). Manual Metodológico para el Investigador Científico, México.
3. Limusa. (2006). El ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas. México.
4. FLORES Juan. (1990). *Tecnología de Electricidad*. España. Editorial Paraninfo.
5. MILEAL Harry. (1998). *Curso Practico de Electricidad*. Editorial Ciencia y Técnica S. A. México.
6. VAZQUEZ, R. José (2005) Sistema de iluminación de proyectos de alumbrado. España.
7. VAZQUEZ, R. José. (2005) Luminotecnia. España.
8. MARTINEZ R, Juan. (2000). Puesta a Tierra en Edificios y en Instalaciones Electricas. Madrid España.
9. Miguel de la Vega Ortega. (2002). *Problemas de ingeniería de puesta a tierra*. Mexico, D.F.: LIMUSA,S.A de C.V.
10. IEEE. (2006) Guía para la puesta a tierra en una subestación de c.a.(norma IEEE 80-200).

11. DÍAZ Pablo. (2001). Soluciones prácticas para la puesta a tierra de sistemas eléctricos de distribución. México, Mc Graw Hill.
12. <http://www.ahra.com> . (3 de Febrero del 2012). Recuperado el 15 de Septiembre de 2013, de <http://www.ahra.com.ar/images/guiailuminacion.pdf>
13. Norma Ecuatoriana de construcción NEC-10. (1996). Instalaciones Electromecánicas cableado de telecomunicaciones. Ecuador. Parte 9-1
14. Wikipedia. (3 de enero de 2013). <http://es.wikipedia.org>. Recuperado el 13 de Octubre de 2013, de [http://es.wikipedia.org/wiki/Resistencia\\_el%C3%A9ctrica](http://es.wikipedia.org/wiki/Resistencia_el%C3%A9ctrica)
15. Wikipedia. (15 de Agosto de 2013). <http://es.wikipedia.org>. Recuperado el 11 de Noviembre de 2013, de [http://es.wikipedia.org/wiki/Leyes\\_de\\_Kirchhoff](http://es.wikipedia.org/wiki/Leyes_de_Kirchhoff)
16. Notas de prensa. (8 de Marzo de 2013). <http://www.notasdeprensa.com.es>. Recuperado el 13 de Octubre de 2013, de <http://www.notasdeprensa.com.es/14217/industria/que-es-un-telurometro/>
17. Notas de prensa. (13 de Mayo de 2013). <http://www.notasdeprensa.com.es>. Recuperado el 13 de Octubre de 2013, de <http://www.notasdeprensa.com.es/14217/industria/que-es-un-telurometro/>

# ANEXOS

## PROPUESTA: PROCESO Y RESULTADOS

### ANEXO 1

SITUACIÓN ANTERIOR DE LABORATORIO Y AMBIENTES DE LA CIMANELE

LAMPARAS DEFECTUOSAS EN EL HALL DE ENTRADA DE LA CIMANELE



TOMACORRIENTES DEFECTUOSOS EN AULAS DE LA CIMANELE



LUMINARIA INEFICIENTE EN AMBIENTES DE LA CIMANELE



INTERRUPTOR EN MAL ESTADO EN AULA DE LA CIMANELE



CUBIERTA INADECUADA EN LABORATORIO DE PRÁCTICAS DE LA  
CIMANELE



INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN MAL ESTADO



CABLES AL DESCUBIERTO EN LA CIMANELE



CAJA GENERAL DE PROTECCIONES DE LA CIMANELE



INSUFICIENCIA DE TOMACORRIENTES EN LABORATORIO DE PRÁCTICAS  
DE LA CIMANELE



INSUFICIENCIA DE TOMACORRIENTES EN LABORATORIO DE PRÁCTICAS  
DE LA CIMANELE



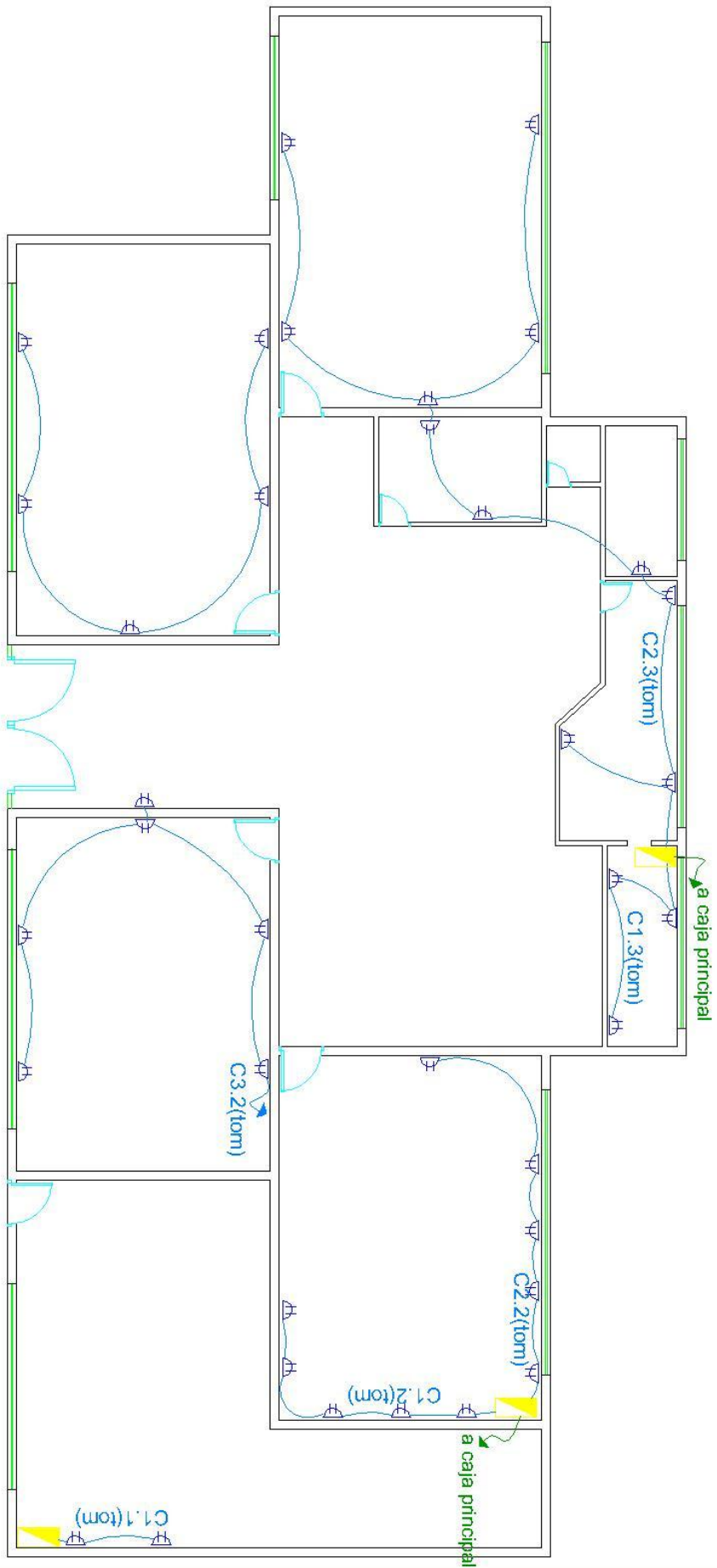


LUMINARIAS DEFECTUOSAS DEL LABORATORIO DE LA CIMANELE



LUMINARIAS INADECUADAS PARA LA ILUMINACIÓN DEL LABORATORIO DE LA CIMANELE





## SIMBOLOGIA

SIMBOLO	DESCRIPCION
	CAJAS DE DISTRIBUCION
	TOMACORRIENTE POLARIZADO
	CIRCUITOS DE TOMACORRIENTES CONDUCTOR THHN 2#12 AWG

ANEXO 1			
SISTEMA ELECTRICO ANTERIOR DE LA CINAÑELE			
	SIN ESCALA		NO/ENERG-2013
	ESCALA		FECHA
AUTORES DE LA INVESTIGACION	1	1	
DISEÑADO			ARCHIVO



**PROPUESTA: PROCESO Y RESULTADOS**  
**ANEXO 2**  
**IMPERMEABILIZACIÓN Y MONTAJE DE CUBIERTA NUEVA PARA EL**  
**LABORATORIO DE LA CIMANELE**

CUBIERTA ACTUAL DEL LABORATORIO DE LA CIMANELE



CUBIERTA DEL LABORATORIO DE LA CIMANELE



## PROPUESTA: PROCESO Y RESULTADOS

### ANEXO 3

#### CAMBIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICO DE LA CIMANELE

#### CAMBIO DEL CIRCUITO ELÉCTRICO DE ILUMINACIÓN DEL LABORATORIO DE LA CIMANELE



#### CAMBIO DEL CIRCUITO ELÉCTRICO DE ILUMINACIÓN DEL LABORATORIO DE LA CIMANELE

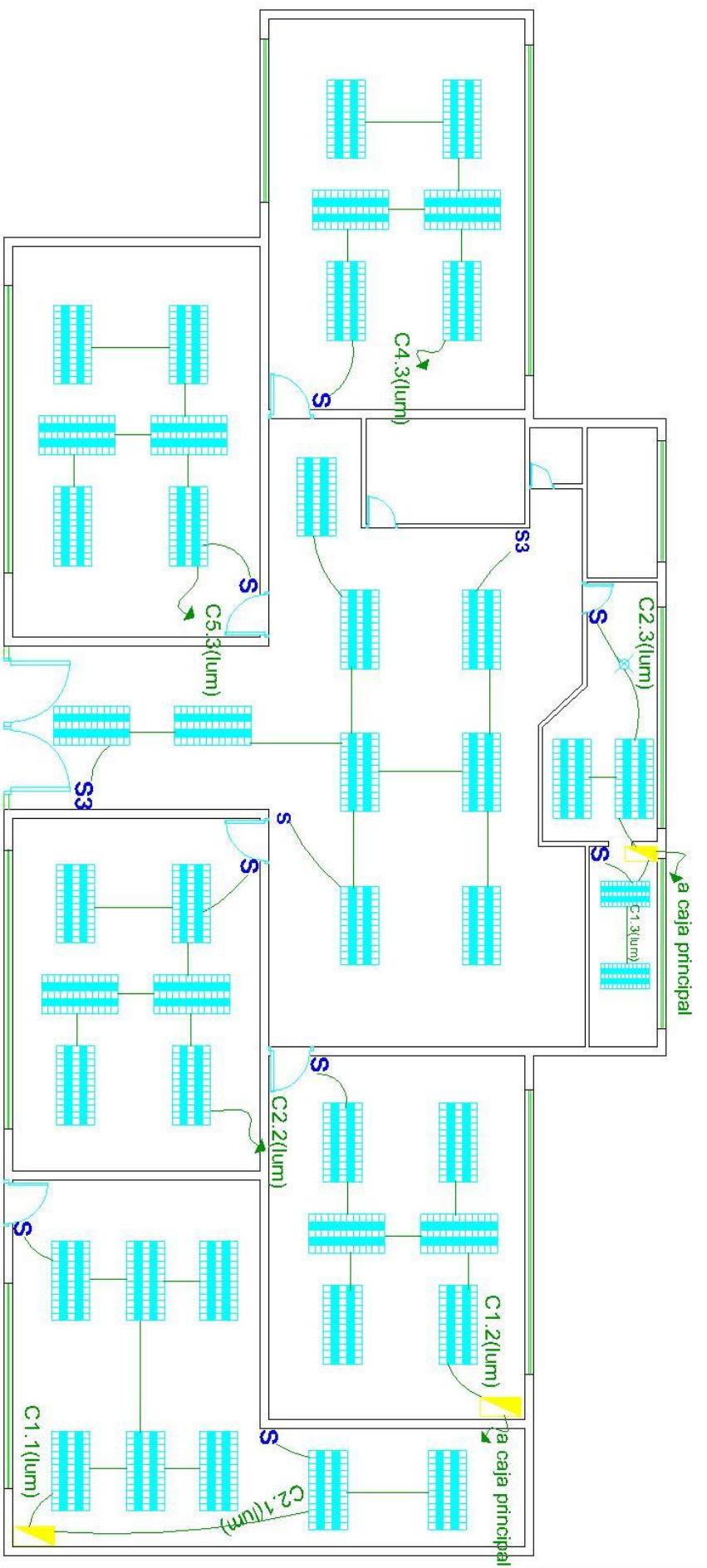


INSTALACIÓN DE NUEVOS TOMACORRIENTES EN LA CIMANELE



INSTALACIÓN DE NUEVOS TOMACORRIENTES EN LA CIMANELE



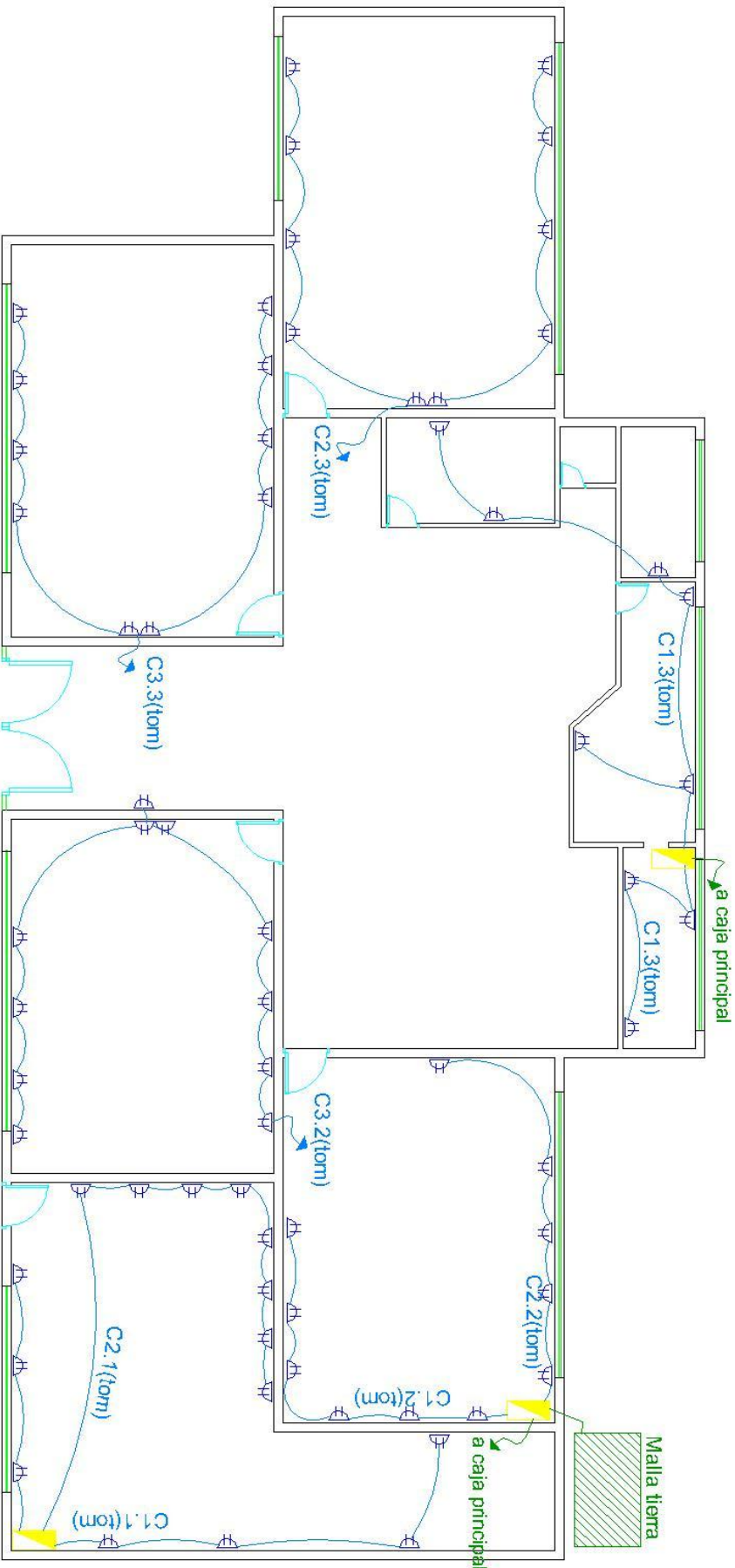


### SIMBOLOGIA

SIMBOLO	DESCRIPCION
	CAJAS DE DISTRIBUCION
	LAMPARAS SOBREPUESTA SELLADA 2X32W
	FOCO AHORRADOR 60W
	INTERRUPTOR SIMPLE
	INTERRUPTOR CONMUTABLE
	CIRCUITOS DE TOMACORRIENTES CONDUCTOR THHN 2MT2 AWG3

### ANEXO 3 SISTEMA DE ILUMINACION ACTUAL DE LA CIMANELE

SIN ESCALA	ND/10NBR-2013
ESCALA	FECHA
AUTORES DE LA INVESTIGACION	1 1
DISTRIBUID	HDLW ARCHIVO



## SIMBOLOGIA

SIMBOLO	DESCRIPCION
	CAJAS DE DISTRIBUCION
	TOMACORRIENTE POLARIZADO
	CIRCUITOS DE TOMACORRIENTES
	CONDUCTOR THHN 2#12 + 1#12(TIERRA) AWG

ANEXO 3	
SISTEMA ELECTRICO ACTUAL DE LA CIMAÑALE	
SIN ESCALA	NOVIEMBRE-2013
ESCALA	FECHA
AUTORES DE LA INVESTIGACION	1 1
2013/UBI	HOLJA
	ARCHIVO



## PROPUESTA: PROCESO Y RESULTADOS

### ANEXO 4

#### MATERIAL DE REFUERZO DE TIERRA

ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS DEL GEM USADO EN LA MALLA A TIERRA



**GEM**  
Material de Refuerzo de Tierra



**ERICO**<sup>®</sup>

## ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS DEL GEM USADO EN LA MALLA A TIERRA

### GEM25A

Inventado en 1992, el material de refuerzo de tierra (GEM) es un material conductor de gran calidad que resuelve los problemas más complicados de puesta a tierra. El GEM presenta una baja resistencia, no es corrosivo, está compuesto de polvo de carbón, material que mejora la eficacia del Sistema de Puesta a Tierra, especialmente en zonas en donde la conductividad es muy pobre. El GEM contiene cemento Portland, que se endurece cuando se fragua, convirtiéndose en un concreto conductor lo cual facilita que la instalación sea libre de mantenimiento y mantiene al Sistema de Puesta a Tierra con valores de resistividad bajos ya que el GEM nunca se filtra o deslava.

GEM mejora la puesta a tierra sin importar las condiciones del suelo. Es el material ideal para usar en áreas de baja conductividad, tales como suelo rocoso, cima de montañas y suelo arenoso. GEM es también la respuesta en situaciones en que no se pueden enterrar varillas a tierra, o donde las limitaciones de la superficie del suelo dificultan la puesta a tierra adecuada mediante métodos convencionales.

La conclusión es una sola. GEM es el mejor material para reducir la resistencia a tierra y mantenerla baja en forma permanente. Ningún otro material proporciona una conductividad tan alta durante la vida útil del sistema de puesta a tierra.

#### GEM es **eficaz**

- Reduce dramáticamente la resistencia a tierra y misuras de Impedancia
- Tras la curación del material, mantiene una resistencia constante durante toda la vida útil del sistema
- Mejora la puesta a tierra en todos los suelos, incluso durante periodos secos

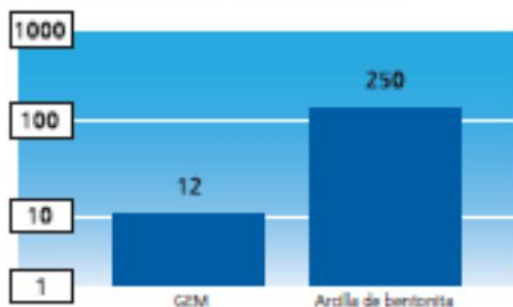
#### GEM es **permanente**

- No se disuelve ni descompone con el paso del tiempo
- No requiere tratamientos periódicos de carga ni reemplazos
- No requiere mantenimiento
- No depende de la presencia continua de agua para mantener su conductividad

#### GEM se **usa fácilmente**

- Prácticas bolsas o cubetas de 11,36 kg (25 libras) fáciles de manipular
- Sólo se requiere de una persona para instalarlo
- Puede mezclarse fácilmente como lechada
- Es un CEMENTO CONDUCTIVO que se solidifica en tres días
- Puede reducir el tamaño del sistema de tierra en donde los métodos convencionales no son satisfactorios
- Evita el vandalismo, pues los electrodos y cables quedan como embebidos en "concreto" y ya no es tan fácil robarlos.

#### CARACTERÍSTICAS DE RESISTIVIDAD



El Cemento Conductivo GEM tiene un factor de resistividad 20 veces menor que la arcilla de bentonita.

#### Hacer Pedidos es Fácil y Rápido

Comuníquese con su representante local de ventas ERICO o con el Servicio al Cliente de ERICO para obtener una cotización.

Solicite GEM por su número de parte.

Número de Parte	Descripción
GEM25A	11,36 kg (25-lb ) bolsa con asas
GEM25ABKT	11,36 kg ( 25-lb) cubeta de plástico con tapa de cierre

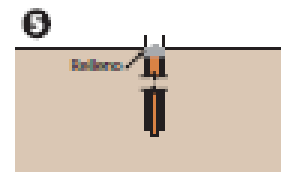
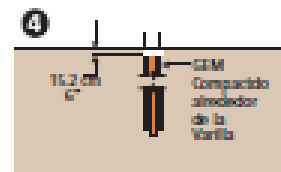
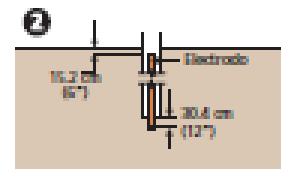
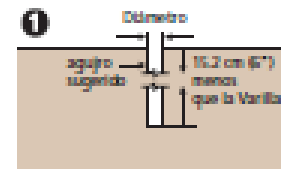


## ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS DEL GEM USADO EN LA MALLA A TIERRA

### GEM25A

#### Instalacion con Electrodo Vertical de Tierra:

1. Perfore un agujero de 7.5 cm ó más de diámetro (3 pulgadas) y una profundidad 15 cm (6 pulgadas) menor que la longitud del electrodo.
2. Coloque el electrodo en el centro del agujero y antiérrela 1 pie (30 cm). El extremo superior de la varilla quedará aproximadamente a unos 15 cm (6 pulgadas) del nivel de terreno. Haga la conexión necesaria con CADWELD®. (Ver Nota 1 Abajo)
3. Premezclar el GEM para preparar una mezcla. Utilice de 5.7 a 7.6 litros (1.5 a 2 galones) de agua potable por boba.
4. Vacie la cantidad apropiada de GEM (ver tabla), alrededor del electrodo. Para asegurarse que el GEM llene completamente el agujero alrededor del electrodo, use una varilla ó una pieza de madera para compactarlo. Espere a que el GEM endurezca, aproximadamente de 30 minutos a una hora antes de poner el relleno natural del agujero.
5. Rellene la parte superior del agujero con la tierra que sacó del mismo. Para varios diámetros de agujeros, ver la tabla siguiente.



**Nota 1:** Se debe instalar 10 cm (4 pulgadas) de material aislante en los electrodos en la zona de interfase (aire-terreno), empezando 5 cm (2 pulgadas) dentro del GEM.

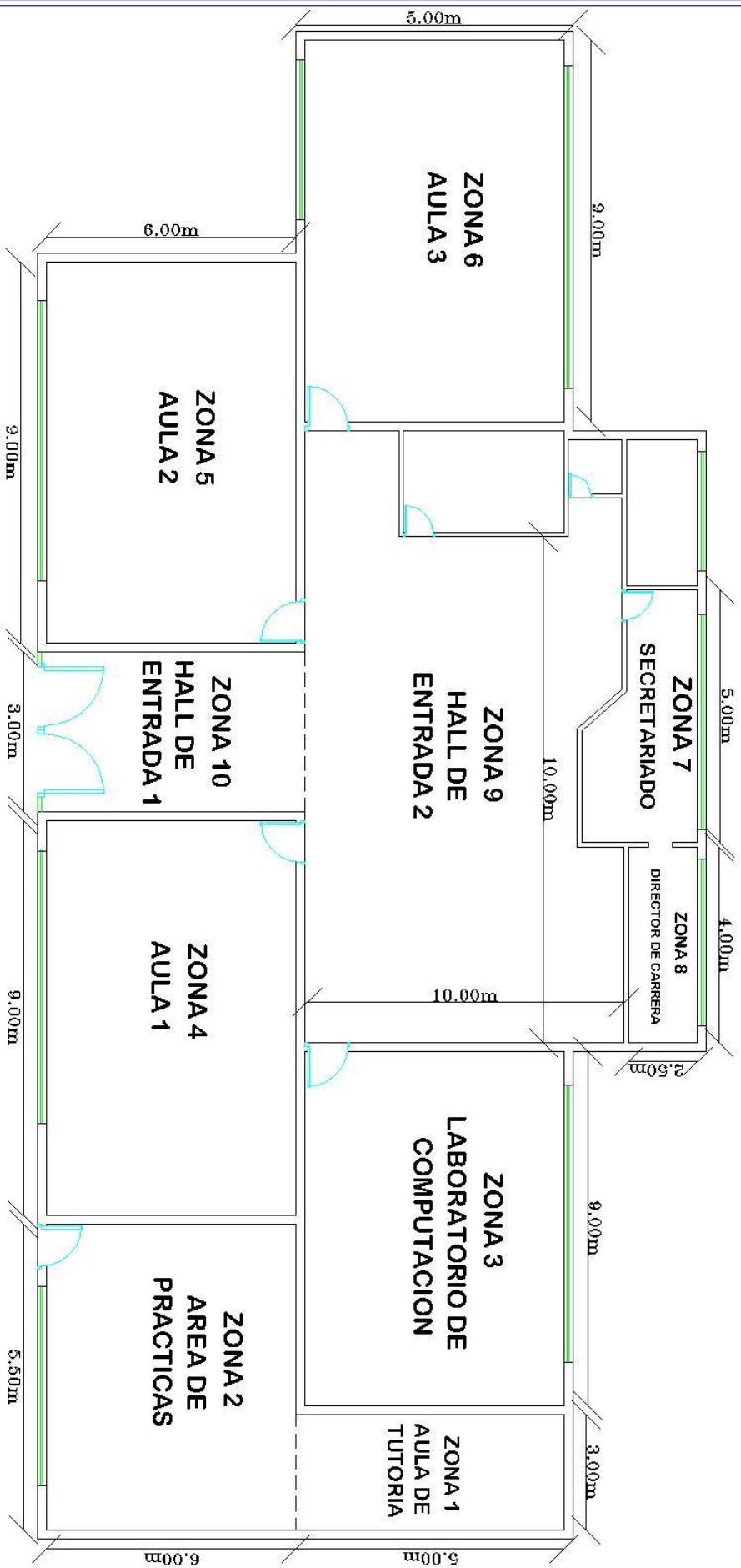
**Nota 2:** Quite el exceso de agua si lo hubiera.

**Cantidad estimada de sacos de GEM para rellenar el hueco alrededor de los electrodos del sistema de tierra a una densidad de 1.018 Kg./cm<sup>3</sup> (63.5 lb/ft<sup>3</sup>).**

Día. del agujero In cm	Profundidad del agujero*													
	ft	cm	ft	cm	ft	cm	ft	cm	ft	cm	ft	cm		
3 7.6	2	70	2	70	2	70	2	70	4	122	4	122	4	122
4 10	2	70	3	91	3	91	3	91	6	183	7	213	7	213
5 12.7	3	91	4	122	4	122	5	152	9	274	10	305	10	305
6 15.2	5	152	5	152	6	183	7	213	13	396	14	427	15	457
7 17.8	6	183	7	213	8	244	9	274	17	518	19	579	20	610
8 20.3	8	244	9	274	11	335	12	366	22	671	25	762	26	792
9 22.8	10	305	12	366	13	396	15	457	28	853	31	945	32	975
10 25.4	12	366	14	427	16	488	18	549	34	1036	38	1158	40	1219

\* De acuerdo a la norma NEC 250-83-C y la NOM-001-SEDE, la longitud máxima del electrodo debe ser de 2.44 m (8 pies).

**Nota:** El GEM debe mezclarse con agua potable para facilitar su instalación. Puede hacerlo a mano o si es mucho, use una mezcladora para concreto. La proporción sería de 5.7 a 7.6 litros (1.5 to 2 galones) de agua por saco. Nunca lo mezcle con agua salada. Para el almacenamiento y precauciones de seguridad, vea el empaque del producto.



**ANEXO 5**  
 DIVISION DE ZONAS PARA EL SISTEMA DE ILUMINACION DE LA CIMANELE

SIN ESCALA		NOVIEMBRE-2013	
ESCALA:		FECHA:	
AUTORES DE LA INVESTIGACION		AUTORES DE LA INVESTIGACION	
1	1	1	1
IDELM		ARCHITD.	
2013/10/10		2013/10/10	

## PROPUESTA: PROCESO Y RESULTADOS

### ANEXO 6

#### MEDICIONES DE LUMINANCIA EN LA CIMANELE.

#### RECOLECCIÓN DE DATOS DE ILUMINANCIA EN EL LABORATORIO DE LA CIMANELE



RECOLECCIÓN DE DATOS DE ILUMINANCIA EN EL LABORATORIO DE LA CIMANELE



RECOLECCIÓN DE DATOS DE ILUMINANCIA EN EL LABORATORIO DE LA CIMANELE



RECOLECCIÓN DE DATOS DE ILUMINANCIA EN EL LABORATORIO DE LA CIMANELE

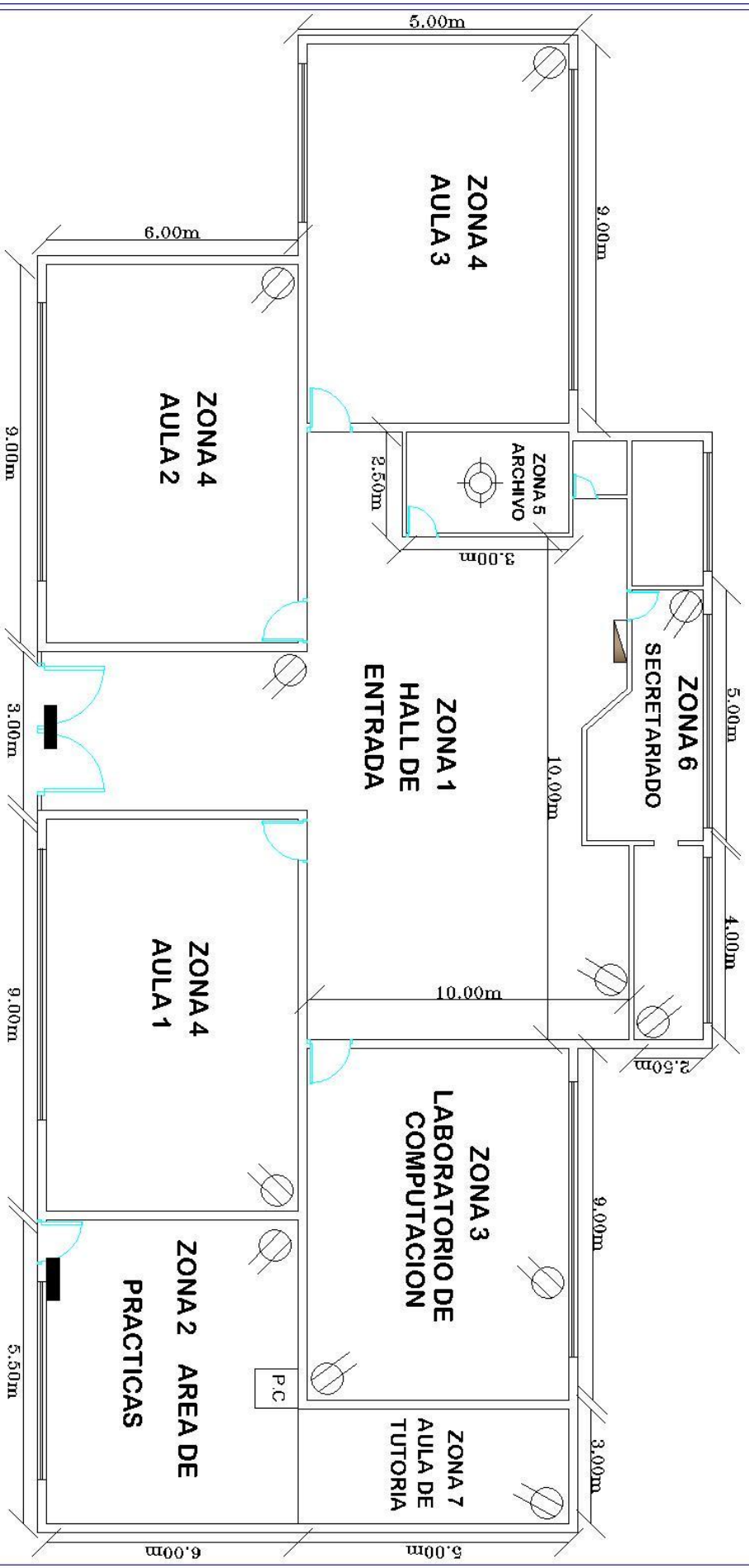


RECOLECCIÓN DE DATOS DE ILUMINANCIA EN AMBIENTES DE LA CIMANELE



RECOLECCIÓN DE DATOS DE ILUMINANCIA EN AMBIENTES DE LA CIMANELE





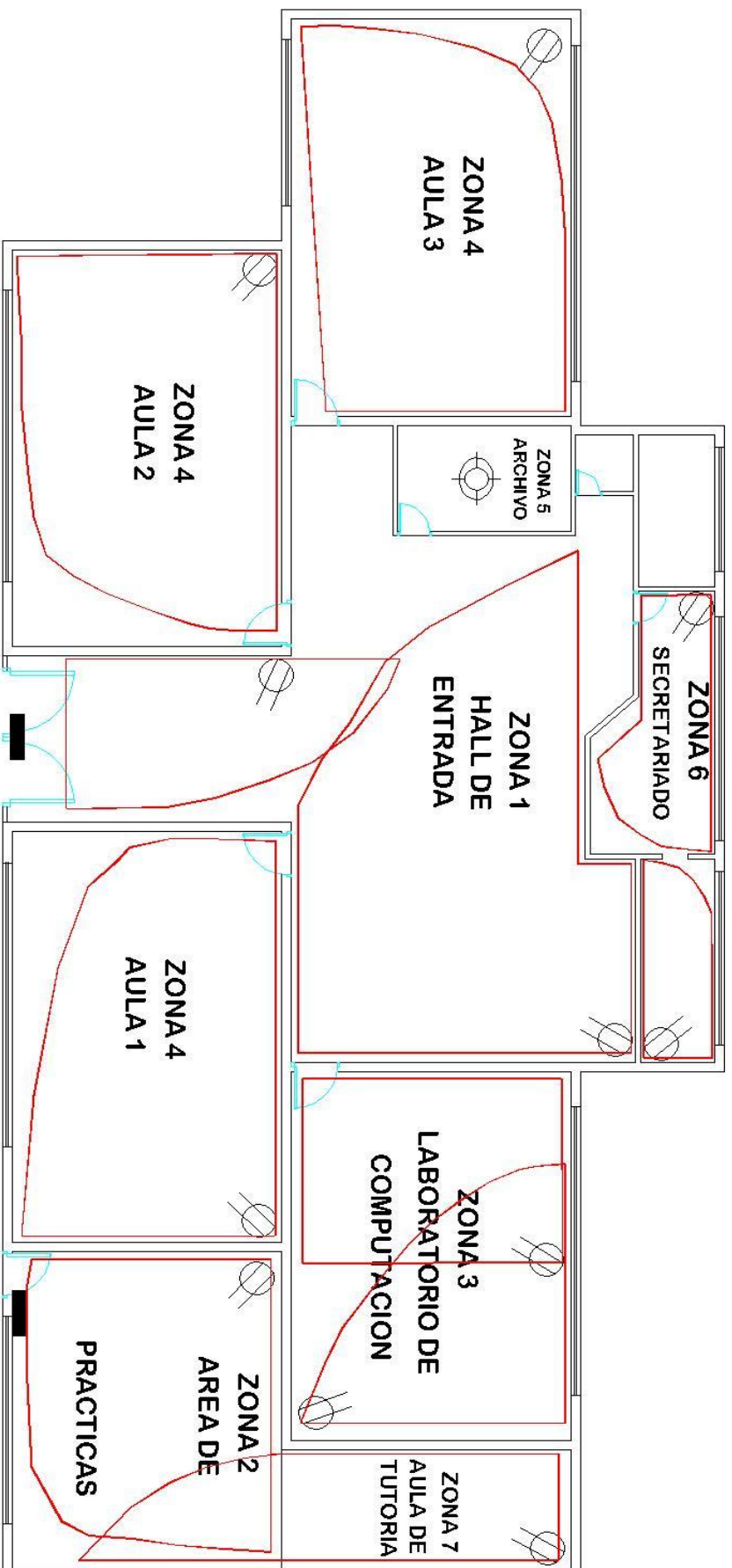
**SIMBOLOGIA**

SIMBOLO	DESCRIPCION
	SENSOR DE PRESENCIA
	SENSOR DE HUMO
	TECLADO
	SENSOR MAGNETICO
	PANEL DE CONTROL
	P.C

**ANEXO 7**  
**DIVISION DE ZONAS DE LA CIMANELE PARA EL SISTEMA DE ALARMA**

AUTORES DE LA INVESTIGACION		FECHA	
1	1	NOVIEMBRE-2013	
DISTRIBUIDO	RECIBIDO	ESCALA	ARCHIVO





**SIMBOLOGIA**

SIMBOLO	DESCRIPCION
	SENSOR DE PRESENCIA
	SENSOR DE HUMO
	TECLADO
	SENSOR MAGNETICO

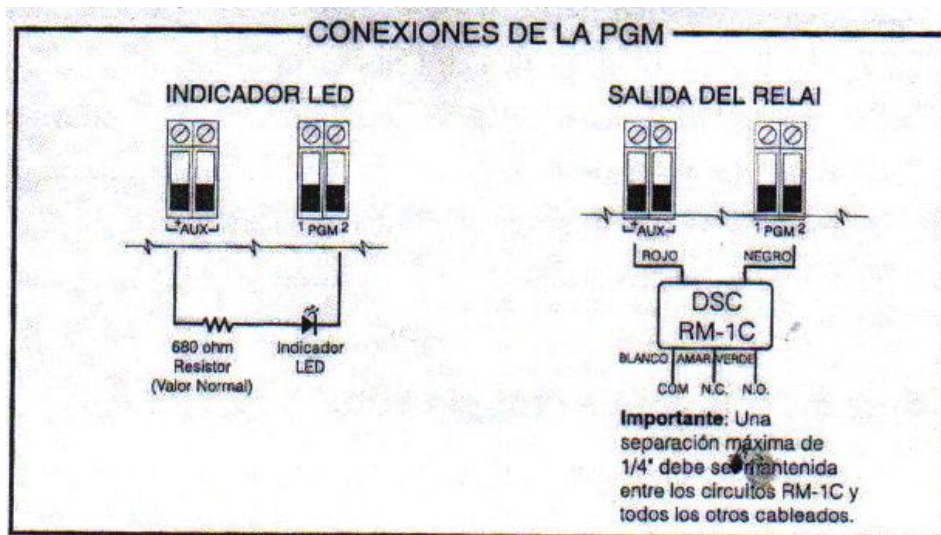
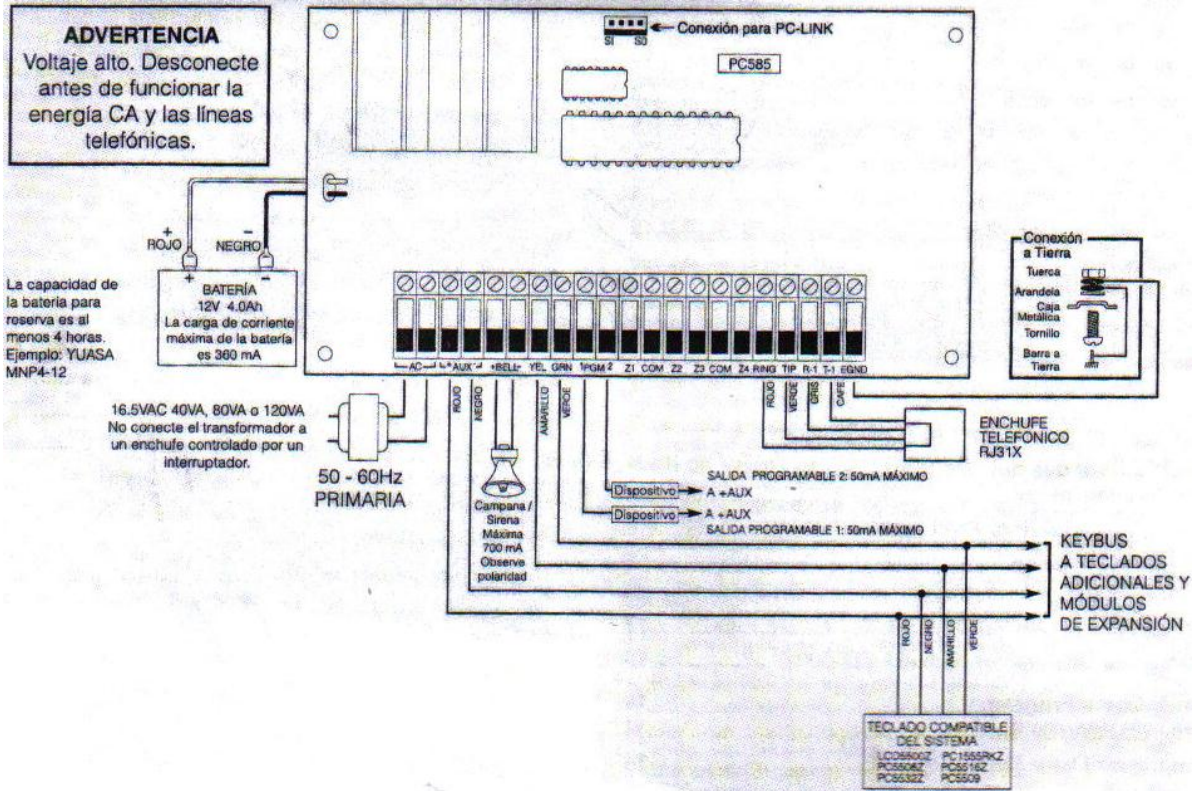
**ANEXO 8  
RANGO DE PROTECCIÓN DE SENSORES**

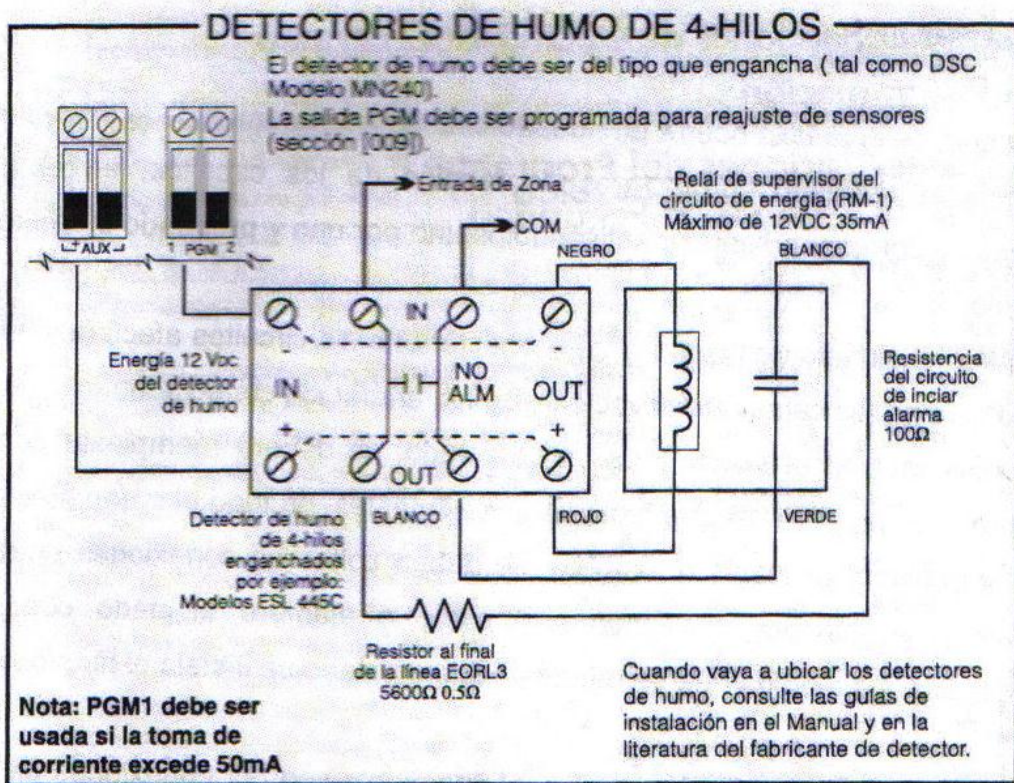
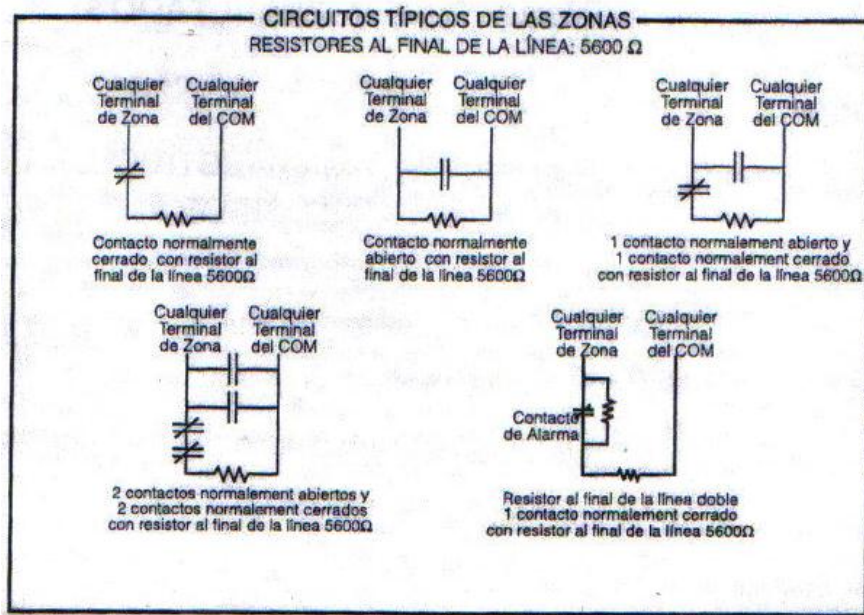
AUTORES DE LA INVESTIGACION		FECHA		ARCHIVO
2018/03/08	HCLM	1	1	ARCHIVO

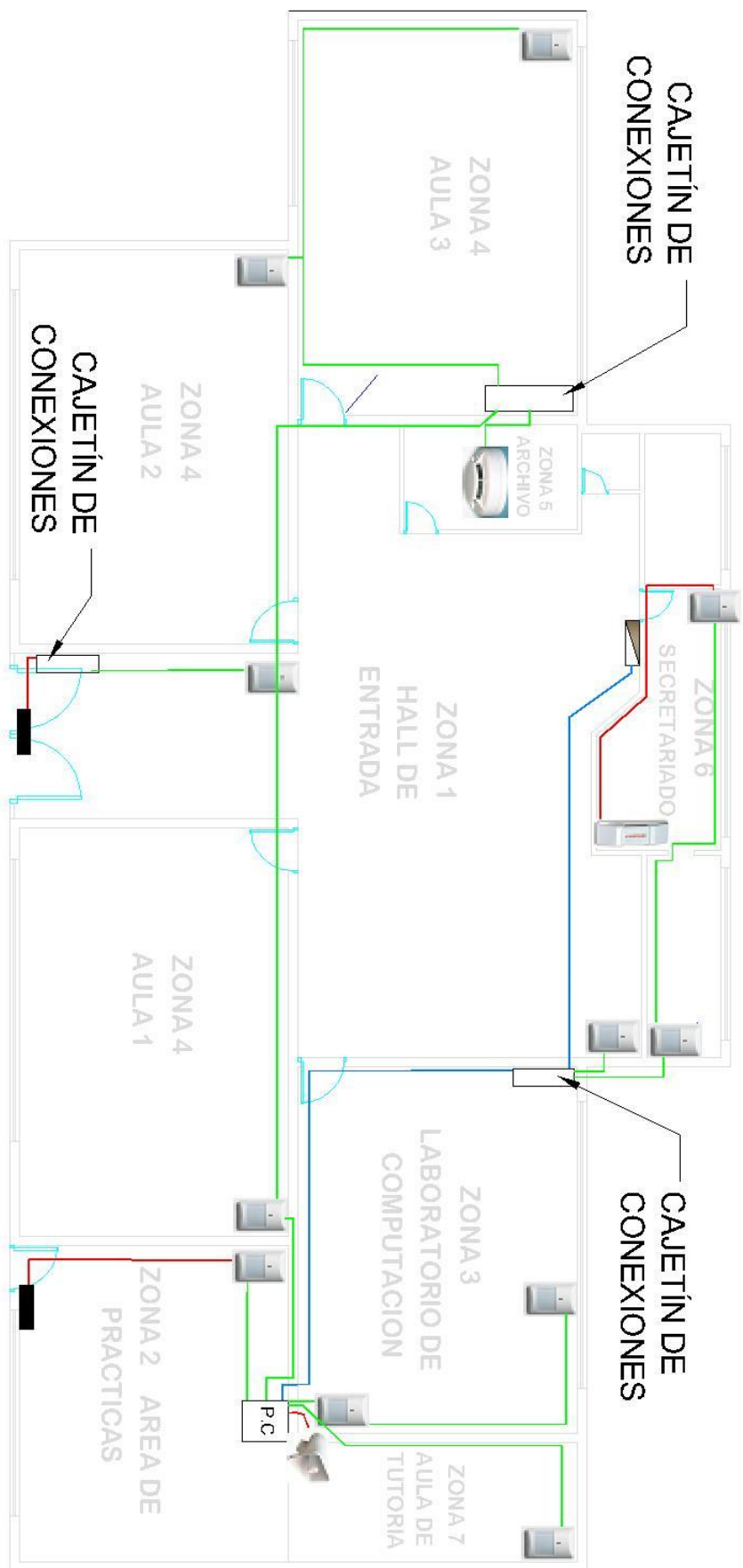
# PROPUESTA: PROCESO Y RESULTADOS

## ANEXO 9

### CONEXIONES DE LA CENTRAL DE ALARMA PC 585







### SIMBOLOGIA

SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION
	SENSOR DE PRESENCIA		BOTON DE EMERGENCIA
	SENSOR DE HUMO		SIRENA
	TECLADO		CABLE UTP CATEGORIA 5e
	SENSOR MAGNETICO		CABLE MULTIPAR 3 PARES
	PANEL DE CONTROL		CABLE GEMELO 2X22
	P.C		

ANEXO 10			
TENDIDO DE CABLE DEL SISTEMA DE SEGURIDAD DE LA CIMANELE			
	SIN ESCALA		NOVIEMBRE-2013
	ESCALA		FECHA
AUTORES DE LA INVESTIGACION	1	1	
DISTRIBUIDO		HOUW	ARCHIVO

## **PROPUESTA: PROCESO Y RESULTADOS**

### **ANEXO 11**

#### **GUÍA PARA MANTENIMIENTO EN EL SISTEMA ELÉCTRICO, ILUMINACIÓN Y SEGURIDAD DE LA CIMANELE.**

##### **MANTENIMIENTO DEL CIRCUITO ELÉCTRICO**

Las fallas o averías típicas de una instalación eléctrica defectuosa pueden producirse por:

- a) cable de diámetro inferior al correcto.
- b) conexión defectuosa de cables.
- c) conexión suelta de artefactos.
- d) artefactos de mayor amperaje al definido para el circuito.

Para verificar cuál de esta falla ocurre en nuestro circuito procedemos de la siguiente forma:

- 1) Desconectar todos los protectores de tensión de los circuitos, en el tablero de distribución correspondiente, ir activándolos uno por uno y probando si existe golpe de corriente.
- 2) Detectado el circuito de la avería, desconectar el o los circuitos afectados y revisar las conexiones en las cajas de derivación y de los artefactos conectados.
- 3) Una vez conocido el sector y circuito afectado, se deberá reemplazar con cables o alambres de similares características a los existentes, en todo el tramo afectado.
- 4) Para reemplazar un cable o alambre, se deben soltar las conexiones entre cajas de derivación y unir por un extremo el cable o alambre afectado con el que lo reemplazará y a medida que se retire el cable afectado se instala el nuevo.

Para detectar los contactos defectuosos que normalmente son por conexiones de los bornes mal apretado en un aparato o en un protector, se debe considerar lo siguiente:

- a) Si es en el ámbito de lámparas, localice el circuito, encienda una a una las lámparas y a medida que se va ejecutando, se localizará la falla en el momento que se apague el circuito.
- b) Si la falla es en el ámbito de tomacorrientes, se deberá desconectar la totalidad de los enchufes de los artefactos alimentados, se irán conectando uno a uno y en caso de corte eléctrico se verificará el estado de los tomacorrientes o del artefacto.
- c) Si la falla se localiza entre el enchufe y el aparato, se verificará el estado del aparato en otro circuito. Si sigue el corte, desconecte y verifique el estado del cable; si está en buen estado, desarme el enchufe macho y revise estas conexiones y las correspondientes al aparato, verificando con el detector de fase si existe alimentación eléctrica. En caso afirmativo, la falla es del aparato; dependiendo de la complejidad de éste, es recomendable solicitar asistencia adecuada al servicio técnico autorizado. En caso de que el cable o conexiones esté fallando, se reparan o cambian.
- d) Si la falla se localiza entre el interruptor y la lámpara, se deberá desconectar el circuito para luego soltar las conexiones de la lámpara. Active el circuito y verifique el funcionamiento de la fase; en caso de que funcione correctamente, la falla está en la lámpara, por lo que hay que desarmar y verificar las conexiones de ésta.

### **Corte de electricidad**

En caso de corte de electricidad, se debe verificar:

- a) el estado de los protectores de tensión en los tableros de distribución.
- b) el estado de los protectores diferenciales de tableros de distribución.
- c) el estado del o los protectores de tensión del tablero general o general auxiliar.
- d) finalmente, el estado del protector de tensión del medidor.

Si hay un protector de tensión caído, se deberá revisar toda la red correspondiente a él, basado en el criterio de contactos defectuosos y pérdidas de electricidad.

### **Averías en protectores**

Para comprobar el funcionamiento de los protectores:

- 1) Pulsar el botón de chequeo para el protector; en caso de falla, el circuito seguirá activado.
- 2) Comprobar el estado físico exterior de los protectores de tensión; éstos acusan falla al calentarse.
- 3) Cortar el suministro eléctrico desde el medidor o el tablero general y activar los protectores de tensión; si alguno no puede conectarse, está descompuesto.

### **Reemplazo de interruptores**

Un interruptor debe ser cambiado en caso de calentarse, quebrarse o fallar. El interruptor, como cualquier aparato de conexión, si se ha calentado, es producto de un mal contacto o de un aumento de la intensidad eléctrica (amperaje), sea por un mayor consumo eléctrico o por una baja de voltaje (recordar fórmula  $(\text{Vatios} / \text{Voltaje}) = \text{Amperio}$ ).

Para reemplazar un interruptor se deben seguir los siguientes pasos:

- 1) Desconectar el circuito correspondiente al interruptor.
- 2) Verificar que el interruptor sea de similar característica al existente, con un amperaje igual o superior al original. En caso de desconocer el amperaje, éste se puede verificar sobre la base del circuito y plano correspondiente.
- 3) Verificar el estado del cable o alambre correspondiente.
- 4) Respetar la orientación del interruptor, en caso que estén definidas las posiciones de encendido y apagado.
- 5) Afianzar el interruptor a su caja, en caso de estar empotrado en el muro; o en la roseta, en caso de estar sobrepuesta en el muro.
- 6) Energizar el circuito y probar.

### **Reemplazo de tomacorrientes**

Las razones de cambio de un tomacorriente son las mismas que las de un interruptor, por lo que se deben tomar las mismas precauciones y proceso

### **Limpieza de tableros de distribución, interruptores y tomacorrientes**

Por razones de aseo (limpieza de los tableros de distribución, interruptores y tomacorrientes), se deben adoptar las siguientes precauciones:

- 1) Cortar el tablero general antes de limpiar el o los tableros de distribución.
- 2) Limpiar los tableros con paño seco.
- 3) Para limpiar las tapas de los interruptores y tomacorrientes se debe desconectar el circuito correspondiente.
- 4) Las tapas de los interruptores y tomacorrientes se pueden limpiar con paño húmedo.
- 5) Secar las tapas de los interruptores y tomacorrientes
- 6) Conectar los circuitos.

### **Fallos en puntos de luz**

- a) Para un punto de luz de tubo fluorescente, debe desmontarse el tubo y probarlo en un punto de control del tubo fluorescente.
- b) Si no existen fallas y si es una lámpara, hay que revisar el portalámparas o soquete en caso de ampolla o partidior; y el ballast si es un tubo fluorescente.

### **Reemplazo de lámparas, con tubos fluorescentes**

Se deben considerar las siguientes precauciones para el reemplazo de lámparas:

- 1) Desconectar el interruptor, en el que ojalá esté previamente marcado el punto de desconexión.
- 2) En caso de duda, desconectar el circuito correspondiente.



- 3) Si existe protector de la lámpara, soltarlo y extraerlo con precaución.
- 4) Limpiar el protector de lámpara, si existe, con paño húmedo, debiendo secarse previo a la reinstalación.

En caso de falla de la lámpara fluorescente, no implica necesariamente al tubo fluorescente, pues puede estar afectado el partidador y con menos frecuencia, el ballast, por lo que se deben seguir los siguientes pasos específicos

- 1) Colocarse guantes protectores a descargas eléctricas.
- 2) Soltar el tubo fluorescente de los portalámparas con un cuarto de giro.
- 3) Verificar el estado del tubo fluorescente; si está quebrado, debe cambiarse.
- 4) Verificar las patillas de conexión: si están bien afianzadas o no. En caso negativo, debe cambiarse el tubo.
- 5) Si al instalar el tubo nuevo éste no enciende al estar energizado, comprobar el estado del sistema con un nuevo tubo previamente probado; si continúa la falla, se debe verificar el estado del partidador.
- 6) Normalmente, el partidador anuncia su falla demorando el encendido hasta negarlo; en este caso, cambiar el partidador.
- 7) Colocar nuevamente el tubo fluorescente; si no enciende, volver a verificar el partidador.
- 8) En caso negativo, se deberá cambiar el ballast, el cual generalmente, antes de fallar emite un ruido constante.
- 9) Rearmar el sistema respetando la posición exacta de los alambres.
- 10) Energizar el sistema y probar el encendido; si no enciende, revisar todo el proceso

## **MANTENIMIENTO DE LA MALLA A TIERRA**

La frecuencia del mantenimiento, se recomienda que las instalaciones se prueben cada año.

El procedimiento en diferentes instalaciones es el siguiente:

- a) Requieren inspección regular, típicamente una vez al año, con inspección visual de todo el arreglo visible de conductores del sistema de tierra.
- b) El examen de un sistema de tierra normalmente es parte del examen del sistema eléctrico en su conjunto.
- c) Consiste de una forma muy rigurosa y detallada inspección del sistema de tierra global.

Además, el sistema debe probarse mediante:

- 1) Una prueba de impedancia del circuito de prueba. Esta prueba se recomienda que sea realizado por un técnico e instrumento adecuado como es un telurómetro.
- 2) Una prueba de funcionamiento de todos los interruptores de corriente residual.
- 3) Una prueba de conexión de todas las partes metálicas ajenas al sistemas eléctrico, es decir, tableros metálicos, gabinetes de control, distribuidores automáticos, etc. Esta prueba se realiza usando un Ohmetro para medida de baja resistencia (micro-Ohmetro), entre el terminal de tierra y todas las partes metálicas respectivas.
- 4) Medida de resistencia del electrodo de tierra, y comparar con su valor de diseño. Esto puede significar aislar el electrodo de tierra y puede por lo tanto requerir que se desconecte la energía durante el período de prueba.

Las siguientes pruebas se realizan típicamente, con el equipo normalmente en servicio:

- 1) Prueba de conexión entre el electrodo de tierra y partes metálicas normalmente accesibles.

- 2) Recorrido del electrodo enterrado y examen de éste en algunos sitios para asegurar que no ha sufrido corrosión.
- 3) Se mide la resistencia del electrodo.

La medición de la malla a Tierra se realiza antes de realizar un mantenimiento o como una evaluación técnica para saber con certeza en qué condiciones se encuentra, así poder determinar qué proceso de mantenimiento necesita realizarse para recuperar los valores de ohmiaje lo más próximo al valor de 5 ohmios.

Procedimiento de un Mejoramiento de malla a Tierra:

- 1) En el mantenimiento se retira unos 50 cm de tierra de cada electrodo, dejando al descubierto una parte de la varilla.
- 2) Se realiza el lijado y cepillado de las varillas y de la punta del cable de tierra para retirar el óxido.
- 3) Luego se aplica una Dosis de tratamiento electrolítico de tal modo que la conductividad del suelo mejore.
- 4) Finalmente se devuelve la tierra retirada, tamizándola y libre materiales no conductivos.
- 5) Y ya estamos listos para realizar la medida y llenar el protocolo de pruebas.

## **MANTENIMIENTO DE ALARMA**

El mantenimiento que se debe seguir es el siguiente:

- 1) Cada 6 meses se comprobará el funcionamiento de las instalaciones, sustituyendo fusibles en caso de encontrados defectuosos.
- 2) Mantenimiento de baterías (limpieza de bornes, reposición de agua destilada, etc.)
- 3) Verificación y limpieza de la instalación.
- 4) Verificar las uniones roscadas o soldadas
- 5) Verificar las tensiones e intensidades.
- 6) Verificar los equipos de transmisión de alarma.
- 7) Comprobación final del sistema

Según el tipo de avería que se haya dado, seguiremos unas pautas de actuación aplicadas a la causa de la avería:

**Avería:** el sensor de movimiento no detecta.

1. Comprobar que el sensor esté bien regulado.
2. Si no lo está lo regulamos correctamente.
3. Si tras hacer los dos primeros pasos el problema persiste, comprobar partes mecánicas del sensor, sustituyéndolo por uno nuevo.
4. Si tras los tres primeros pasos el problema persiste, comprobar la continuidad en el cable que transporta la señal.

**Avería:** la sirena no funciona.

1. Comprobar partes mecánicas de la sirena, si están dañadas proceder a su sustitución.
2. Si tras el paso 1 el problema persiste, comprobar la continuidad del cableado desde la central procesadora hasta la sirena.

- **Avería:** en la alimentación del sistema.

1. Comprobar la FA. Si está defectuosa se procederá a su sustitución.

2. Comprobar el SAI. Si se encuentra averiado, se sustituirá por uno nuevo.

**Avería:** en la central procesadora.

1. Comprobar que la ejecución del programa de control del sistema es la correcta. Si no lo es detectar el fallo y modificar el programa.
2. Si tras el paso 1 el problema persiste se comprobará si el origen del problema es el MODEM, en cuyo caso se sustituiría por un nuevo.
3. Si el problema persiste se comprobará la continuidad del cableado de comunicación.
4. Finalmente, si tras comprobar todos los pasos anteriores el problema persiste, se analizará el hardware de la tarjeta de control.

Después de haber realizado inspecciones, pruebas y arreglos se deberá realizar un registro del mantenimiento el cual deberá ser documentado.

Este mantenimiento debe tener:

- a) Debe tenerse un archivo de todos los procedimientos de mantenimiento.
- b) Deben tenerse formatos de inspección con listas de verificación.
- c) Los registros de mantenimiento deben incluir las acciones preventivas y correctivas.
- d) Debe llevarse un consecutivo de reportes de fallas.
- e) La documentación debe permitir evaluar los componentes y su instalación, así como la actualización del programa.

**Universidad Técnica Del Norte**  
**Facultad de Educación, Ciencia y Tecnología**  
**Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico**

Ibarra, 18 de Octubre del 2013

# CERTIFICADO

Yo Ing. Ricardo Araguillín certifico:

Que los señores estudiantes egresados **POZO TANICUCHI RICARDO JAVIER** y **TOAPANTA LEMA JUAN ALEJANDRO** de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico cumplieron con la socialización del tema de trabajo de grado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO, ILUMINACIÓN Y SEGURIDAD DE LOS LABORATORIOS Y ADECUACIÓN DE AMBIENTES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO”** con los estudiantes de primer semestre de la carrera en mención el día 17 de octubre del 2013 a las 10h00.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Atentamente,



Ing. Ricardo Araguillín.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN  
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100354398-8		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Toapanta Lema Juan Alejandro		
DIRECCIÓN:	Isla San Salvador 2-25 y Calle Quito		
EMAIL:	Alejandro_toapanta@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:	2545511	TELÉFONO MÓVIL:	0980443527

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO, ILUMINACIÓN Y SEGURIDAD DE LOS LABORATORIOS Y ADECUACIÓN DE AMBIENTES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO."
AUTOR (ES):	Pozo Tanicuchi Ricardo Javier Toapanta Lema Juan Alejandro
FECHA: AAAAMMDD	2014-2-20
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico.
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Pablo Méndez



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Toapanta Lema Juan Alejandro, con cédula de identidad Nro. 100354398-8 , manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado denominado: "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO, ILUMINACIÓN Y SEGURIDAD DE LOS LABORATORIOS Y ADECUACIÓN DE AMBIENTES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO."que ha sido desarrollado para optar por el título de: de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico, en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 20 días del mes de Febrero del 2014

(Firma) .....

Nombre: Toapanta Lema Juan Alejandro

Cédula: 100354398-8



## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Toapanta Lema Juan Alejandro, con cédula de identidad Nro. 100354398-8 , en calidad de autor (es) y titular (es) de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## 3. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 20 días del mes de Febrero del 2014

### EL AUTOR:

(Firma)..........  
Nombre: Toapanta Lema Juan Alejandro

C.C.: 100354398-8



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN  
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100293372-7		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Pozo Tanicuchi Ricardo Javier		
DIRECCIÓN:	Calle Guayas y Macas		
EMAIL:	ricardo_javier_pozo_20@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0993809809

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO, ILUMINACIÓN Y SEGURIDAD DE LOS LABORATORIOS Y ADECUACIÓN DE AMBIENTES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO."
AUTOR (ES):	Pozo Tanicuchi Ricardo Javier Toapanta Lema Juan Alejandro
FECHA: AAAAMMDD	2014-2-20
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico.
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Pablo Méndez

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Pozo Tanicuchi Ricardo Javier, con cédula de identidad Nro. 100293372-7 , en calidad de autor (es) y titular (es) de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## 3. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 20 días del mes de Febrero del 2014

### EL AUTOR:

(Firma).....

Nombre: Pozo Tanicuchi Ricardo Javier

C.C.: 100293372-7



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Pozo Tanicuchi Ricardo Javier , con cédula de identidad Nro.100293372-7 , manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado denominado: "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO, ILUMINACIÓN Y SEGURIDAD DE LOS LABORATORIOS Y ADECUACIÓN DE AMBIENTES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO.", que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico, en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 20 días del mes de Febrero del 2014

(Firma) .....  
Nombre: Pozo Tanicuchi Ricardo Javier  
Cédula: 100293372-7