



**Tecnológico UNIVERSITARIO
“RUMIÑAHUI”**

**CARRERA:
ELECTRICIDAD**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
TECNÓLOGO SUPERIOR EN ELECTRICIDAD**

**TEMA:
REDISEÑO E IMPLEMENTACION DE CIRCUITO DE FUERZA,
ILUMINACION Y ARMADA DE MALLA DE TIERRA EN LA “UNIDAD
EDUCATIVA MARIETA DE VEINTIMILLA”, PERTENECIENTE AL CANTON
PEDRO MONCAYO.**

**AUTOR:
JOSE PEDRO INLAGO ACHINIA**

**DIRECTORES:
ING.MARIA GABRIELA VERA MSC**

Sangolquí, AGOSTO 2024



CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2024-ISTER-6-6.2

Sangolquí, 17 de octubre del 2024

MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA

MSc. Mónica Loachamín
COORDINADORA DE TITULACIÓN

**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO**

Presente

Por medio de la presente, yo, JOSE PEDRO INLAGO ACHUNIA declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado **"REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE CIRCUITO DE FUERZA, ILUMINACIÓN Y ARMADA DE MALLA DE TIERRA EN LA "UNIDAD EDUCATIVA MARIETA DE VEINTIMILLA", PERTENECIENTE AL CANTÓN PEDRO MONCAYO**, de la Tecnología Superior en Electricidad ; y a su vez manifiesto mi voluntad de ceder al Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui con condición de Universitario los derechos de reproducción, distribución y publicación de dicho trabajo de titulación, en cualquier formato y medio, con fines académicos y de investigación.

Esta cesión se otorga de manera no exclusiva y por un periodo indeterminado. Sin embargo, conservo los derechos morales sobre mi obra.

En fe de lo cual, firmo la presente.

Atentamente,


(JOSE PEDRO INLAGO ACHINIA)
C.I.: 1714833652

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero
Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628
www.ister.edu.ec / info@ister.edu.ec

FORMULARIO PARA ENTREGA DE PROYECTOS EN BIBLIOTECA INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO

CT-ANX-2024-ISTER-1

CARRERA:
TECNÓLOGO SUPERIOR EN ELECTRICIDAD.

AUTOR /ES:
JOSE PEDRO INLAGO ACHINIA.

TUTOR:
WILLIAM GERMANICO YUGCHA QUINATO.

CONTACTO ESTUDIANTE:
0994421247.

CORREO ELECTRÓNICO:
joseinla123@gmail.com.

TEMA:

**REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE CIRCUITO DE FUERZA, ILUMINACIÓN
Y ARMADA DE MALLA DE TIERRA EN LA "UNIDAD EDUCATIVA MARIETA
DE VEINTIMILLA", PERTENECIENTE AL CANTÓN PEDRO MONCAYO.**

OPCIÓN DE TITULACIÓN:
(UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR)

RESUMEN EN ESPAÑOL:

El proyecto aborda la implementación de instalaciones eléctricas en una escuela rural, cuyo objetivo principal es mejorar la infraestructura eléctrica para garantizar un ambiente de aprendizaje seguro y eficiente. Se llevó a cabo un análisis exhaustivo del sistema eléctrico existente, identificando deficiencias y necesidades. A partir de ello, se diseñaron y ejecutaron las instalaciones de nuevos circuitos de iluminación y tomacorrientes, siguiendo las normativas técnicas, como el Código Eléctrico Nacional (NEC) y de seguridad. Los resultados obtenidos incluyen una distribución eléctrica optimizada, con un sistema de iluminación más eficiente y seguro, así como la adecuación de tomacorrientes para el uso de equipos electrónicos. Se mejoraron las condiciones de seguridad eléctrica y se garantizó la capacidad del sistema para soportar la carga eléctrica demandada ($DD (KVA) = 32047.82609$) por las actividades escolares. El proyecto también consideró la capacitación del personal de la institución educativa en el uso seguro de la nueva infraestructura. Como recomendaciones, se sugiere realizar mantenimientos preventivos periódicos. Se recomienda realizarlo anualmente para la mayoría de las instalaciones, y considerar la instalación de sistemas de energía renovable para fomentar la sostenibilidad. En conclusión, la implementación de las nuevas instalaciones eléctricas no solo mejora la calidad educativa, Y que además ayuda a establecer un entorno escolar más seguro y eficiente.

PALABRAS CLAVE:

Instalaciones eléctricas, luminarias, alumbrado, malla.

ABSTRACT:

The project addresses the implementation of electrical installations in a rural school, whose main objective is to improve the electrical infrastructure to ensure a safe and efficient learning environment. A thorough analysis of the existing electrical system was carried out, identifying deficiencies and needs. Based on this, the installations of new lighting circuits and outlets were designed and executed, following technical regulations, such as the National Electrical Code (NEC) and safety regulations. The results obtained include an optimized electrical distribution, with a more efficient and safer lighting system, as well as the adaptation of outlets for the use of electronic equipment. Electrical safety conditions were improved and the system's capacity to support the electrical load demanded ($DD (KVA) = 32047.82609$) by school activities was guaranteed. The project also included training of the educational institution's personnel in the safe use of the new infrastructure. As recommendations, periodic preventive maintenance is recommended for most of the facilities, and consider the installation of renewable energy systems to promote sustainability. In conclusion, the implementation of new electrical installations not only improves educational quality, And also helps to create a safer and more efficient school environment.

PALABRAS CLAVE:

Electrical installations, luminaires, lighting, mesh.

SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2024-ISTER-2

Sangolquí, 17 de Octubre del 2024

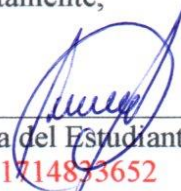
Sres.-

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO

Presente

A través del presente me permito aceptar la publicación del trabajo de titulación de la Unidad de Integración Curricular en el repositorio digital "DsPace" del estudiante: JOSE PEDRO INLAGO ACHINIA, con C.I.: **1714833652** alumno de la Carrera TECNÓLOGO SUPERIOR EN ELECTRICIDAD.

Atentamente,


Firma del Estudiante
C.I.: **1714833652**

SÓLO PARA USO DEL ISTER

Han sido revisadas las similitudes del trabajo en el software "TURNITING" y cuenta con un porcentaje de 13% motivo por el cual, el Proyecto Técnico de Titulación es publicable. (EL PORCENTAJE DE SIMILITUD DEBE SER MÁXIMO DE 15%)

MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA

MSc. Mónica Loachamín
COORDINADORA DE TITULACIÓN

Fecha del Informe ____/____/____

Índice de contenidos

Índice de contenidos.....	2
INTRODUCCIÓN	5
1.1. Planteamiento del Problema	5
CAPITULO II	7
MARCO TEÓRICO	7
2.1. Sistema de puesta a tierra.....	7
2.2. Pozo a tierra tradicional	8
2.3. Protección catódica por corriente galvánica	8
2.4. Campo magnético	9
2.5. Tabla serie galvánica.....	10
2.6. Puesta a tierra de protección	11
2.7. Electrodo de tierra.....	11
2.8. Resistividad del terreno.....	12
2.9. Resistencia a tierra	12
2.10. Bobina de choque	13
2.11. Iluminación	13
2.11.1. Flujo luminoso	14
2.11.2. Iluminación.....	14
2.11.3. Eficiencia luminosa.....	15
2.11.4. Las fuentes luminosas	15
2.2.6 Tipos de iluminación.....	16
2.12. Iluminación de interiores.....	17
2.12.1. Nivel de iluminación	18
2.12.2. Deslumbramiento.....	18
2.13. Elección de las luminarias y lámparas	19
2.13.1. Coeficiente de utilización.....	19

2.13.2. Coeficiente de conservación.....	19
2.14. Normas para circuitos de alumbrado.....	20
2.15. Distribución espacial de la luz.....	22
2.16. Método del flujo total para el cálculo del alumbrado de interiores.....	22
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN	28
PRUEBAS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	32
BIBLIOGRAFÍA	33

RESUMEN

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

La Unidad Educativa Marieta de Veintimilla lleva en funcionando 6 décadas y 7 años en adelante en la visita observamos el descuido de la infraestructura eléctrica y de iluminación ya que fue fundado por obra de los padres de familia.

El sistema eléctrico actual presenta problemas de seguridad y eficiencia, incluyendo, cables no apropiados para el correcto funcionamiento, falta de capacidad para soportar la energética y obsolescencia de equipos. Además, el sistema de iluminación es inadecuado, con áreas mal iluminadas que afectan negativamente el ambiente de aprendizaje y la seguridad de los estudiantes y el personal.

Además cabe recalcar que la iluminación insuficiente dificulta la concentración de los estudiantes y puede contribuir a problemas de visión a largo plazo, caída de voltaje que no tiene un buen funcionamiento para los equipos tecnológicos del laboratorio, centro de carga en mal estado ya que con el paso del tiempo los conectores tienden a estropearse, se llenan de polvo o se mueven del sitio, no tiene instalación de la tierra ya que eso nos protegen de descargas eléctricas, pero también son determinantes para cuidar de las instalaciones y los circuitos, observado los problemas que presenta el plantel he tomado la iniciativa de realizar el proyecto de titulación en esta área con el fin de mejorar las instalaciones y brindar un mejor ámbito estudiantil para futuros estudiantes.

1.2 Justificación

Por lo cual hemos realizado tecnologías y Rediseño e implementación de circuito de fuerza, iluminación y armado de malla de tierra para un aula de 65 m² y un laboratorio químico de 42 m² en la planta baja y 2 aulas de 40.71 m² y una bodega de 11.30 m² en la planta alta abarcando 117.6 m² en total sería 3 aulas, 1 bodega y un laboratorio químico en donde se evalúa la infraestructura eléctrica y de iluminación actual.

1.3 Alcance

El proyecto de rediseño e implementación de circuito de fuerza, iluminación y armado de malla de tierra para un aula de 65 m² y un laboratorio químico de 42 m² en la planta baja y

2 aulas de 40.71 m² y una bodega de 11.30 m² en la planta alta abarcando 117.6 m² en total seria 3 aulas, 1 bodega y un laboratorio químico en donde se evalúa la infraestructura eléctrica y de iluminación actual. La evaluación incluirá una inspección detallada de los elementos relevantes, como cables, luminarias, interruptores y dispositivos de control, para identificar problemas de seguridad eléctrica, ineficiencias energéticas y deficiencias en la calidad de la iluminación.

Con los hallazgos de la evaluación en mente, se procederá al diseño del nuevo sistema eléctrico y de iluminación. Esto implicará la planificación cuidadosa de la distribución de cargas eléctricas, la selección de luminarias adecuadas para cada espacio y actividad, así como la especificación de dispositivos de control para optimizar el consumo de energía. Además, se llevará a cabo el diseño e implementación de una malla de tierra efectiva para garantizar la seguridad eléctrica de los usuarios.

La implementación del nuevo sistema incluirá la instalación de cables, luminarias y dispositivos de control de acuerdo con el diseño previamente elaborado, asegurando el cumplimiento de todas las normativas y estándares de seguridad relevantes. Se realizarán pruebas exhaustivas para verificar el correcto funcionamiento y la seguridad del sistema antes de su puesta en servicio.

.

1.4 Objetivos General y Específicos

OBJETIVO GENERAL:

Rediseño e implementación de circuito de fuerza e iluminación en la Unidad Educativa Marieta de Veintimilla, para mejorar las instalaciones eléctricas en el establecimiento.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Evaluar el estado actual de todos los componentes eléctricos, incluyendo cableado, tableros, interruptores y tomacorrientes. para cumplir con normativas de seguridad eléctrica.

Establecer una propuesta de rediseño e implementación de circuito de fuerza e iluminación, mediante criterios técnicos, para satisfacer la demanda.

Diseñar una malla de tierra adecuada que cumpla con las normas de seguridad eléctrica y garantice la disipación segura de corrientes de falla, para la protección de los estudiantes y personal docente contra descargas eléctricas.

Desarrollar un diseño detallado y preciso del circuito de fuerza e iluminación utilizando AutoCAD y Dialux, que cumpla con los estándares de seguridad eléctricas para normativas locales.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Sistema de puesta a tierra

Un Sistema de Puesta a Tierra (SPAT) generalmente consta de uno o más electrodos de sistema de tierra instalados en el suelo, así como las líneas de conexión que conectan estos electrodos entre sí y deben estar conectados a la tierra. Las varillas utilizadas para la puesta

a tierra están hechas con materiales y dimensiones apropiadas para adaptarse a las características normales o variables del terreno, asegurando así que se mantenga una tensión de contacto dentro de los límites permitidos (Justo, 1999).

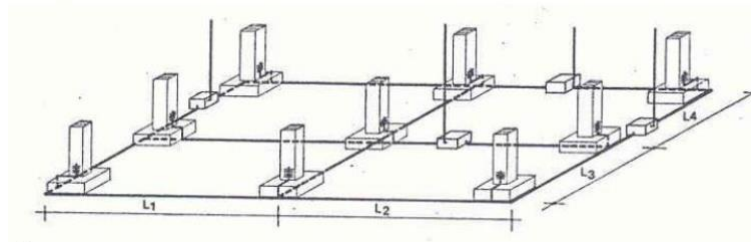


Figura 1. Anillo enterrado de SPT

2.2. Pozo a tierra tradicional

Un **SPAT** tradicional no considera las interacciones con los fenómenos externos de energía electromagnética que recibe el entorno, y está limitado por los conductores y metales utilizados en su configuración. La física contemporánea ha concluido que estos sistemas no pueden disipar completamente los potenciales presentes en diversas estructuras ni prevenir por completo fallas en la red eléctrica (Lopez, 2013).

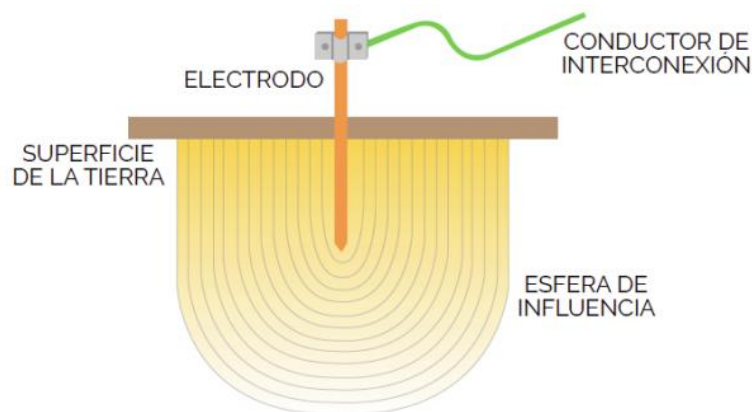


Figura 2. Anillo enterrado de SPT

Fuente: Ingeniería eléctrica moderna - Diseño de sistema de puesta a tierra.

2.3. Protección catódica por corriente galvánica

La protección catódica consiste en inducir a una estructura a actuar como un cátodo dentro de una celda de corrosión mediante la manipulación y alteración de factores electroquímicos. Un ánodo galvánico, también conocido como ánodo de sacrificio, al conectarse eléctricamente a una estructura sumergida, descargará una corriente que fluye a través del electrolito hacia la estructura que se desea proteger. Esta técnica requiere que los ánodos cumplan con las características

El objetivo de este trabajo es guiar al ingeniero en el diseño de sistemas de protección catódica con ánodos de sacrificio, proporcionando un método simple para seleccionar el ánodo adecuado. De esta manera, se protege eficazmente el cátodo de la oxidación a la que estaría expuesto. Este enfoque permite garantizar la integridad y durabilidad de las estructuras sumergidas, asegurando su protección contra la corrosión (Rosario Francia, 2004).

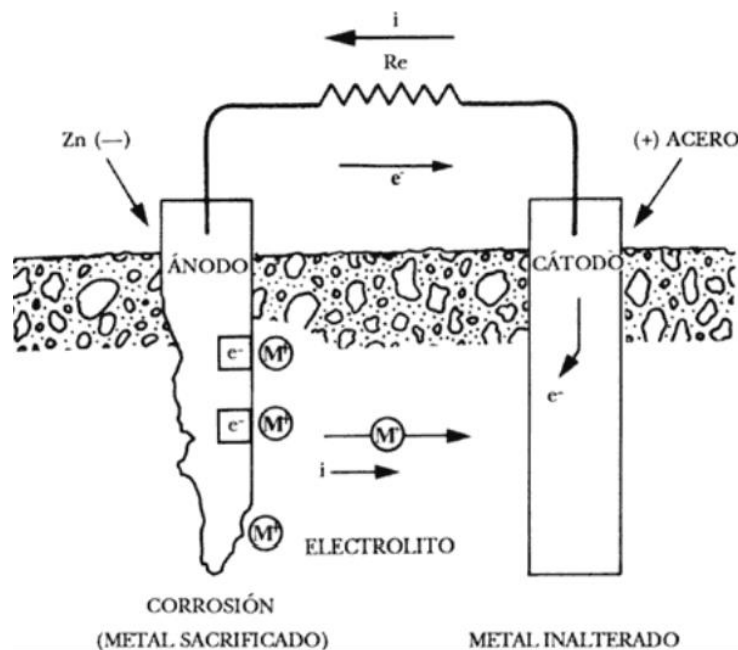


Figura 3. Protección catódica por corriente galvánica

Fuente: Mas allá de la herrumbre - Protección catódica con ánodos galvánicos.

2.4. Campo magnético

El campo magnético, que se representa como un vector con intensidad y dirección de la fuerza en uno de los polos de un imán, es el término utilizado para describir la fuerza que actúa sobre la aguja de una brújula. Debido a la influencia de un cuerpo con propiedades magnéticas, como un imán o un material ferromagnético magnetizado, este campo magnético se crea en un espacio donde ocurren fenómenos magnéticos. Los imanes, hechos de diferentes materiales, siempre tienen un polo norte y un polo sur, y la carga generada por el movimiento de electrones crea un campo magnético.

Independientemente de su material, estos imanes interactúan con la aguja de la brújula por sus polos opuestos, generando un campo magnético que orienta la aguja en la dirección del campo predominante. Este fenómeno es crucial para comprender cómo los imanes y los materiales ferromagnéticos afectan los instrumentos de navegación, así como para el diseño y la aplicación de dispositivos que dependen de la precisión y la estabilidad de los campos magnéticos (Medina Aguirre, 2012).

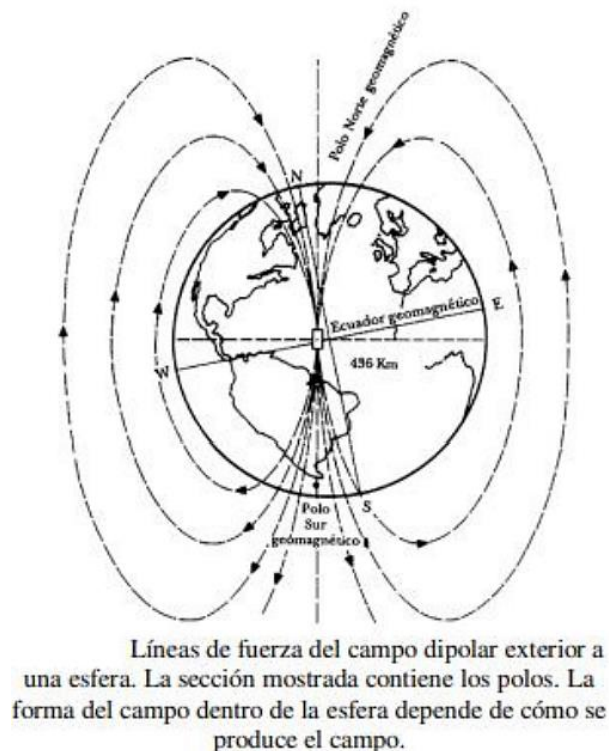


Figura 4. Campo magnético terrestre.

2.5. Tabla serie galvánica

La serie galvánica determina el grado de inercia química de un metal, lo que permite evaluar su inclinación hacia la corrosión. Esta serie clasifica los metales en función de su potencial de electronegatividad, lo que facilita la comprensión de cómo se comportan en condiciones corrosivas.

Los metales con mayor probabilidad de corroerse se pueden identificar utilizando la serie galvánica cuando se encuentran en contacto con un electrolito. La siguiente imagen muestra una variedad de elementos y su potencial de electronegatividad correspondiente, lo que proporciona una referencia visual para comparar y analizar la susceptibilidad de cada metal a la corrosión (Salazar Jimenez, 2015).

Tabla 1. Serie galvánica de los metales químicos

ELEMENTO	POTENCIAL
MAGNESIO (Mg)	-2,38 MÁS ELECTRONEGATIVO
ALUMINIO (Al)	-1,68
MANGANESO (Mn)	-1,18
ZINC (Zn)	-0,76
CROMO (Cr)	-0,74
HIERRO (Fe)	-0,44

COBALTO (Co)	-0,28
NIQUEL (Ni)	-0,23
PLOMO (Pb)	-0,12
HIDRÓGENO (H)	0,00 VALOR DE REFERENCIA
COBRE (Cu)	+0,34
PLATA (Ag)	+0,80
ORO (Au)	+1,50 MÁS ELECTROPOSITIVO

2.6. Puesta a tierra de protección

El Sistema de Puesta a Tierra (SPAT), según Carlos Frutos en su artículo Faragaus Sistema, se define como una alternativa efectiva para desviar las sobretensiones que pueden afectar tanto a las personas como a los equipos. Este sistema es particularmente importante cuando la resistencia del suelo es baja porque permite que todas las corrientes no deseadas fluyan hacia la parte de menor resistencia, que en este caso es el suelo. El objetivo principal del SPAT es proteger tanto a los seres vivos como a los equipos y sistemas eléctricos de las peligrosas sobretensiones ambientales. Frutos enfatiza que la implementación adecuada de estos sistemas es crucial para reducir el riesgo de descargas eléctricas no controladas.

Sin embargo, Frutos menciona la posibilidad de una inversión en el funcionamiento de estos sistemas en el suelo. En esta situación, es posible que las sobretensiones se originen en el suelo y se propaguen hacia la red eléctrica, lo que aumentará significativamente el riesgo para las personas y los equipos conectados. Esta situación hipotética plantea serias preocupaciones sobre la seguridad y la integridad de los sistemas eléctricos, lo que hace que sea crucial diseñar e instalar SPAT de manera adecuada. La posibilidad de una inversión en la dirección de sobretensiones resalta la necesidad de vigilancia y mantenimiento constante de estos sistemas para asegurar su correcto desempeño y la protección continua de todos los componentes involucrados (Ascencios & Meza, 2020).

2.7. Electrodo de tierra

Gregor Rojas afirma que en la mayoría de los casos es suficiente usar una sola varilla para obtener resistencias significativas que no superen los 25 ohmios. Esta práctica es adecuada para instalaciones convencionales donde se pueden satisfacer las necesidades de protección y seguridad con este nivel de resistencia. Sin embargo, Rojas enfatiza que es esencial alcanzar resistencias mucho más bajas, idealmente entre 10 y 5 ohmios o incluso menos, en

instalaciones más grandes, especialmente aquellas que contienen maquinaria muy sensible (Rojas, 2006).

En situaciones más complicadas, se requiere la instalación de múltiples electrodos, que deben estar separados entre sí por al menos tres metros. Estos electrodos están conectados a través de una conexión común, que debe asegurarse mediante el uso de un conector adecuado o una soldadura exotérmica. Esta configuración dispersa mejor las corrientes no deseadas, mejora el sistema de puesta a tierra y protege mejor los equipos delicados. La recomendación de Rojas destaca la importancia de un diseño minucioso y una instalación cuidadosa para garantizar que los sistemas de puesta a tierra funcionen de manera óptima, protegiendo tanto a los equipos como a las personas de fallas eléctricas y sobretensiones.

2.8. Resistividad del terreno

Roberto Ruelas Gómez afirma que el perfil de resistividad del suelo realizado mediante el método Wenner en varios tipos de terrenos típicos a una profundidad de 3 metros muestra variaciones significativas en la resistividad del suelo. La resistividad es de 3500 a 4000 ohmios-metro en terrenos de permafrost. Las características del permafrost, que presenta una conductividad eléctrica muy baja debido a su composición y estructura, son la causa de este alto nivel de resistividad (Gomez R. R., 2010).

Sin embargo, en áreas húmedas, la resistencia del suelo es significativamente menor, oscilando entre 3 y 5 ohmios-metro. Esta notable diferencia se debe a la mayor conductividad eléctrica del suelo húmedo, que actúa como un buen conductor y facilita la dispersión de corrientes eléctricas. Estos datos son vitales para el diseño de sistemas de puesta a tierra porque permiten ajustar las estrategias y los materiales utilizados según el tipo de suelo para garantizar una protección eficaz y una funcionalidad óptima de los sistemas eléctricos. Para garantizar la seguridad y la eficiencia en la implementación de sistemas de tierra adecuados a las condiciones específicas del terreno, es esencial comprender y aplicar estas diferencias en resistividad.

2.9. Resistencia a tierra

La resistencia a tierra de un pozo es la resistencia que ofrece al paso de corriente eléctrica. Este valor se basa en la resistencia intrínseca del terreno y las características físicas del electrodo de tierra, como su diámetro, área o longitud. El área de los conductores que conectan el sistema también tiene un impacto significativo en la resistencia total (Duche Zabala & Miñan Manrique, 2013).

La resistencia óhmica existente entre un conductor puesto a tierra y un punto de potencial cero es el valor de la resistencia a tierra. Este valor es esencial para la eficacia de los sistemas

de puesta a tierra porque una resistencia adecuada garantiza que las corrientes eléctricas no deseadas se dispersen correctamente, protegiendo tanto a los equipos como a las personas de fallas y descargas eléctricas. En el diseño e implementación de sistemas de protección eléctrica, la determinación precisa de este valor es esencial para garantizar que las instalaciones cumplan con los estándares de seguridad y operatividad requeridos.

2.10. Bobina de choque

Esta bobina reducirá la corriente de retorno y mejorará la eficiencia del sistema de protección. Este dispositivo se coloca en el electrodo que se desea proteger para evitar que la corriente descargada regrese, lo que permite que el sistema funcione de manera unidireccional. Esta función es esencial para mantener la integridad del sistema y garantizar una protección continua y efectiva (Novillo Vicuña, 2018).

La bobina del electrodo dirige la corriente hacia el suelo de manera eficiente, evitando que regrese al sistema. Esto mejora la seguridad y el rendimiento del sistema de puesta a tierra. La aplicación de este dispositivo es una medida técnica que aumenta significativamente la estabilidad y confiabilidad de los sistemas eléctricos al garantizar que las corrientes no deseadas sean gestionadas y disipadas de manera adecuada.

2.11. Iluminación

Todas las actividades humanas dependen de la iluminación. La iluminación natural y artificial son las dos categorías principales. En los primeros tiempos de la iluminación eléctrica, colocar una lámpara en el centro de una habitación podía hacer una diferencia significativa en comparación con la luz que emitían las lámparas de petróleo o gas. Esta innovación tecnológica ha mejorado significativamente la calidad de vida de las personas, lo que les permite realizar actividades durante el día con mayor comodidad y seguridad.

La luz natural generalmente es suficiente durante el día, lo que elimina la necesidad de iluminación artificial. No obstante, a medida que avanza el día y llega el atardecer, la iluminación artificial se vuelve esencial. Para mantener la continuidad de las actividades diarias, es necesario pasar de la luz natural a la luz artificial. La implementación y el diseño adecuados de sistemas de iluminación, tanto naturales como artificiales, son cruciales para crear ambientes confortables y funcionales que satisfagan las necesidades visuales y de seguridad de las personas en una variedad de situaciones (Bucheli, 2012).

Proporcionar iluminación artificial adecuada, sin embargo, no es una tarea sencilla. Tiene que tener en cuenta varias cosas importantes, como la ubicación estratégica de las luminarias y la cantidad de ellas que se necesita. Para garantizar que todos los espacios estén bien iluminados y satisfaciendo las necesidades específicas de cada área, es esencial distribuir y

usar las fuentes de luz artificial de manera adecuada. Por lo tanto, proporcionar luz artificial se ha convertido en un campo muy especializado y crucial en el diseño de interiores y exteriores (Erazo Abarca, 2017).

En comparación con otros tipos de iluminación artificial, la luz eléctrica es la más cómoda, limpia, segura e higiénica. Sin embargo, su utilización adecuada debe ser eficiente y económica, ya que las principales fuentes de producción de energía eléctrica son principalmente energías no renovables, como el petróleo. Esto enfatiza el ahorro de energía y la iluminación adecuada al mismo tiempo. Para que los sistemas de alumbrado sean sostenibles y funcionales, es necesario equilibrar la eficiencia energética y la calidad de la iluminación.

Se estima que alrededor del 80% de las impresiones sensoriales humanas son ópticas, lo que demuestra la importancia de que los establecimientos educativos cuenten con una iluminación óptima. Para satisfacer las necesidades de una amplia gama de tareas visuales, una iluminación adecuada es esencial, lo que mejora el rendimiento académico y el bienestar general de los estudiantes y docentes. Por lo tanto, es esencial diseñar e implementar sistemas de iluminación adecuados en los entornos educativos para crear un entorno favorable al aprendizaje y el desarrollo.

2.11.1. Flujo luminoso

El flujo luminoso es la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa, como una lámpara, por unidad de tiempo, generalmente el segundo. En el campo de la iluminación, esta magnitud es crucial porque determina la eficacia con la que una fuente de luz puede iluminar un espacio. El "lumen" es la unidad de medida del flujo luminoso que cuantifica la cantidad total de luz visible emitida por una fuente en todas direcciones.

El lumen es una medida crucial que permite evaluar y comparar diferentes fuentes de luz en términos de su capacidad para proporcionar iluminación adecuada. Para diseñar sistemas de iluminación eficientes y efectivos, es necesario comprender y usar correctamente el concepto de flujo luminoso. Esto garantizará que los espacios tengan la luminosidad específica necesaria para una variedad de actividades (Escudero Salas, 2013).

2.11.2. Iluminación

El flujo luminoso por unidad de superficie se conoce como iluminancia y su símbolo es E. El "lux" es una unidad de medida de iluminación que indica la cantidad de luz que incide sobre una superficie específica. Este parámetro es fundamental para la planificación y evaluación de sistemas de iluminación porque determina cómo se distribuye la luz en un área y qué tan bien iluminado estará dicho espacio (Gomez H. , 2012).

El lux es una medida esencial para asegurar que los niveles de iluminación sean adecuados para las tareas visuales específicas que se realizan en un espacio determinado. Un correcto diseño de la iluminación debe considerar la iluminancia para garantizar la comodidad visual, la eficiencia energética y el cumplimiento de las normativas de iluminación. Por tanto, la comprensión y aplicación del concepto de iluminancia es fundamental para crear ambientes bien iluminados y funcionales.

$$LUX = \frac{LUMEN}{M^2} \quad (1)$$

$$E = \frac{Flujos\ Luminoso}{Unidad\ de\ superficie} = \frac{lm}{S} \quad (2)$$

2.11.3. Eficiencia luminosa

La eficiencia de una fuente luminosa es la relación entre la potencia absorbida por la lámpara y el flujo luminoso emitido por la fuente luminosa, expresada en lúmenes. Esta proporción se representa en lúmenes por vatio. La eficiencia luminosa es un parámetro crucial para evaluar el rendimiento de una lámpara porque indica la cantidad de luz visible producida por cada unidad de energía eléctrica utilizada.

Este indicador es crucial para diseñar sistemas de iluminación eficientes desde el punto de vista energético, ya que permite reducir el consumo de electricidad y los costos operativos al mismo tiempo que proporciona una iluminación adecuada. Para elegir las fuentes de luz más eficientes y sostenibles, que ayudan a optimizar los recursos energéticos y proteger el medio ambiente, es fundamental comprender y aplicar el concepto de eficiencia luminosa (Marquez Lagunas, 2001).

2.11.4. Las fuentes luminosas

Para que una instalación de iluminación sea completamente efectiva, es esencial garantizar una iluminación adecuada, entre otras cosas. Esto significa que se debe proporcionar una cantidad suficiente de luz para realizar las actividades previstas de manera segura y cómoda, sin agotar la vista ni disminuir la productividad.

Un nivel adecuado de iluminación no solo mejora la visibilidad y la percepción de los espacios, sino que también mantiene a los usuarios seguros y felices. Para lograr una iluminación óptima, es necesario distribuir correctamente la luz, usar luminarias adecuadas y tener en cuenta factores como el deslumbramiento y la uniformidad. Además, el diseño de la iluminación debe ser energéticamente eficiente utilizando tecnologías y métodos de control de iluminación avanzados que minimicen el consumo de energía sin comprometer la calidad de la luz (Lagunas Masquez, 2021).

2.2.6 Tipos de iluminación

Los tipos de iluminación se pueden clasificar de acuerdo a la distribución del flujo luminoso de la siguiente manera:

Iluminación directa

En la iluminación directa, el flujo luminoso ilumina directamente la superficie objetivo. Dado que la mayor parte de la luz emitida por la fuente luminosa se utiliza efectivamente para iluminar el área deseada, este tipo de iluminación es altamente eficiente. Las luminarias de iluminación directa suelen tener un alto rendimiento del 90 % al 100 %.

Para áreas que requieren una alta concentración de luz, como estaciones de trabajo, escritorios, áreas de lectura y áreas de tareas específicas, la iluminación directa es ideal. Sin embargo, para crear un entorno visual cómodo y eficiente, las luminarias deben diseñarse y colocarse correctamente para evitar deslumbramiento y sombras duras.

Semi-directa

La mayoría del flujo luminoso en la iluminación semidirecta se dirige hacia abajo, iluminando directamente la superficie objetivo con un porcentaje del 60 al 90 por ciento. Al mismo tiempo, una parte menor del flujo luminoso, del 10 % al 40 %, aumenta. Esta distribución de la luz mantiene la eficacia de la iluminación directa y la suavidad de la iluminación indirecta en equilibrio.

En espacios donde se requiere una iluminación intensa y focalizada para ciertas tareas, la iluminación semi-directa es útil; Sin embargo, es necesaria una cierta cantidad de luz reflejada para evitar sombras duras y reducir el deslumbramiento. En oficinas, aulas y áreas de trabajo multifuncionales, donde se busca una combinación de funcionalidad y confort visual, este tipo de iluminación es común.

Mixta

El flujo luminoso se distribuye uniformemente tanto hacia abajo como hacia arriba en la iluminación mixta. El cuarenta por ciento a la mitad de la luz se dirige directamente a la superficie objetivo, mientras que el cincuenta por ciento a sesenta por ciento restante se dirige hacia arriba, reflejándose en paredes y techos.

Esta distribución de luz equilibrada proporciona una combinación de iluminación directa e indirecta, lo que crea un ambiente bien iluminado y agradable. La iluminación mixta es ideal para lugares donde se necesita una iluminación general uniforme sin crear sombras duras ni deslumbramiento excesivo. Es ampliamente utilizado en salas de conferencias, oficinas y espacios públicos, ofreciendo tanto funcionalidad como un ambiente agradable.

Semi-indirecta

El flujo luminoso hacia la parte superior es predominante en la iluminación semi-indirecta, con un porcentaje del 60 al 90 %. Esto significa que la mayor parte de la luz se dirige hacia arriba, donde se refleja en paredes y techos, lo que crea una iluminación suave y difusa en el espacio.

La cantidad restante de luz disminuye entre el 10 % y el 40 %, lo que reduce la iluminación directa. Este tipo de distribución es ideal para lugares donde se busca una luz uniforme y suave, reduciendo sombras y deslumbramiento. En áreas como bibliotecas, salones y áreas de recepción, la iluminación semiindirecta es común porque es importante crear un ambiente visualmente cómodo y acogedor.

Indirecta

El flujo luminoso en la iluminación indirecta se dirige casi completamente hacia arriba, con un porcentaje del 90 % al 100 %. Los techos y las paredes reflejan la luz, lo que crea una iluminación difusa y uniforme en el espacio. Sin embargo, debido a que gran parte de la luz se dispersa antes de llegar a las áreas de trabajo o actividad, esta configuración puede resultar en un rendimiento relativamente bajo en términos de eficiencia luminosa.

La visión puede ser menos nítida debido a la falta de iluminación directa hacia abajo porque no hay sombras que proporcionen contraste y definición a los objetos y superficies. Aunque este tipo de iluminación es ideal para crear un ambiente tranquilo y acogedor, puede no ser adecuado para tareas que requieren una alta precisión visual. En áreas como salas de estar, vestíbulos y áreas de descanso, donde el confort visual y la atmósfera relajante son importantes, se utiliza combinada la iluminación indirecta.

2.12. Iluminación de interiores

Las condiciones necesarias para obtener una buena iluminación requieren de tres factores fundamentales:

- a) El nivel de iluminación adecuado: Es esencial que el nivel de iluminación se ajuste a las características específicas de los locales y las actividades que se desarrollen en ellos. Cada espacio y actividad tiene requerimientos distintos de luminosidad. Por ejemplo, áreas de trabajo detallado como oficinas y talleres necesitan niveles de iluminación más altos en comparación con áreas de descanso o pasillos.
- b) Una distribución apropiada de la luz: La luz debe distribuirse de manera uniforme y estratégica para evitar zonas oscuras y deslumbramientos. Una correcta distribución garantiza que la luz alcance todas las áreas necesarias, proporcionando una visibilidad óptima y confort visual. Esto implica el uso adecuado de luminarias y su colocación en posiciones que maximicen la eficiencia de la iluminación.

- c) El tipo de fuente luminosa y los aparatos de iluminación (luminarias): La elección de las fuentes luminosas y las luminarias es crucial. Las fuentes de luz deben seleccionarse no solo por su eficiencia energética y durabilidad, sino también por su capacidad para proporcionar la calidad de luz requerida. Las luminarias, por su parte, deben ser apropiadas para el entorno y la aplicación, asegurando una distribución correcta y un control adecuado de la luz.

Combinados de manera efectiva, estos tres elementos garantizan que los espacios estén bien iluminados, lo que crea un entorno seguro, cómodo y productivo para todas las actividades que se realizan allí.

2.12.1. Nivel de iluminación

El nivel de iluminación que se considera es el disponible sobre el plano de trabajo, es decir, donde se encuentran los objetos a observar. Este plano de trabajo es la superficie donde se realizan actividades visuales como leer, escribir o trabajar con herramientas.

El plano de trabajo suele estar en un plano horizontal de 800 mm a 900 mm sobre el suelo. Esta altura suele corresponder a las superficies donde se realizan tareas que requieren una buena iluminación, como escritorios y mesas de trabajo. La medición y el diseño de la iluminación en este plano son cruciales para garantizar que las condiciones de luz sean adecuadas para las tareas que se realizan, proporcionando suficiente claridad y comodidad visual para evitar la fatiga y mejorar la eficiencia y precisión en el trabajo.

2.12.2. Deslumbramiento

Cualquier brillo que cause molestias, interferencia con la visión o fatiga visual se conoce como deslumbramiento. Para evitar un deslumbramiento excesivo, es fundamental tomar una serie de precauciones lógicas y efectivas.

Primero, es importante proteger todas las lámparas dentro del campo de visión mediante el uso de difusores o pantallas que minimicen el impacto directo de la luz en los ojos. El uso de colores claros en paredes y techos también reduce el contraste excesivo y proporciona un reflejo suave de la luz, lo que reduce el riesgo de deslumbramiento.

Siempre que sea posible, coloque las fuentes de luz por encima de la línea normal de visión. Esto mejora el confort visual al evitar que la luz incida directamente en los ojos de las personas. Por último, pero no menos importante, se debe limitar el brillo de las luces a límites aceptables, utilizar luces con características que dispersen la luz de manera uniforme y evitar las luces de alta intensidad en áreas sensibles.

2.13. Elección de las luminarias y lámparas

La elección de las fuentes de luz depende mucho del aspecto general y económico. Debido a su bajo brillo y mínimo deslumbramiento reflejado, la gran superficie de la lámpara fluorescente es más ventajosa para ciertas aplicaciones. Este tipo de lámpara es ideal para lugares que requieren una iluminación suave y uniforme, ya que reduce la fatiga visual y crea un ambiente agradable.

Además, las fuentes más pequeñas, pero de mayor brillo son más efectivas cuando se busca un control preciso de la iluminación. En situaciones que requieren iluminación intensa y localizada, como en trabajos detallados o la iluminación de áreas específicas, estas fuentes de luz permiten una dirección y focalización precisas. La elección entre lámparas fluorescentes y fuentes de luz más pequeñas debe basarse en las necesidades específicas del espacio y en la eficiencia económica y funcional del sistema de iluminación.

2.13.1. Coeficiente de utilización

El coeficiente de utilización, que se muestra en porcentajes, muestra la cantidad de flujo luminoso proporcionada por las lámparas que llega efectivamente al plano de trabajo. Este coeficiente es crucial para el diseño de sistemas de iluminación porque refleja cómo la luz emitida por las lámparas se utiliza para iluminar el área de interés.

El coeficiente de utilización se basa en una variedad de factores, incluido el sistema de iluminación utilizado y las características particulares de las luminarias utilizadas. Además, el índice local (IL), que tiene en cuenta las dimensiones y proporciones del espacio, así como el factor de reflexión del techo y las paredes, también tiene un impacto significativo en este valor. Los fabricantes suelen proporcionar tablas o catálogos con los valores del coeficiente de utilización para diferentes luminarias.

2.13.2. Coeficiente de conservación

Varios factores determinan el coeficiente de conservación de la instalación, incluida la facilidad de los aparatos para retener el polvo, la proporción de polvo y humo en el ambiente y la frecuencia de la limpieza. Este coeficiente es fundamental porque tiene en cuenta la disminución de la luz emitida por las lámparas o luminarias debido al envejecimiento y la acumulación de suciedad.

Por ejemplo, Philips clasifica este coeficiente en tres categorías: bueno, medio y malo. Los valores de estos coeficientes varían según la luminaria y muestran la eficiencia de la luminaria en mantener su rendimiento lumínico a lo largo del tiempo. Estos datos se encuentran en los catálogos de los fabricantes, lo que facilita la selección de luminarias

adecuadas para una variedad de condiciones ambientales y de mantenimiento, asegurando una iluminación sostenible y óptima.

2.14. Normas para circuitos de alumbrado

Los circuitos de alumbrado son aquellos cuyas salidas se utilizan exclusivamente para instalar equipos de iluminación. Para calcular el número de circuitos de alumbrado necesarios, se sigue un procedimiento específico:

- a) **Determinación de la carga total instalada:** En primer lugar, se determina la carga total instalada basándose en los datos proporcionados por el diseño de iluminación. Esto incluye la suma de las potencias de todas las luminarias y equipos de iluminación que se planea instalar.
- b) **División de la carga total en circuitos individuales:** Una vez determinada la carga total, esta se divide en tantos circuitos como sean necesarios, teniendo en cuenta la capacidad de los mismos. Los circuitos típicos se dimensionan para 15 o 20 amperios, según el diámetro de los conductores que se desea utilizar, ya sea calibre #14 o #12 AWG (American Wire Gauge). La elección entre 15 y 20 amperios dependerá de la cantidad de equipos y la intensidad de corriente que cada circuito deberá soportar.

Los circuitos de alumbrado deben seguir las siguientes normas:

1. **Carga de salida de luz indeterminada:** Toda salida de luz cuya potencia no haya sido previamente determinada se deberá considerar como una carga de 100 vatios.
2. **Potencia máxima por circuito:** La potencia máxima por circuito de alumbrado no deberá ser mayor de 2000 vatios.
3. **Calibre de los conductores:** El calibre de los conductores para los circuitos de alumbrado estará de acuerdo con la potencia del circuito y la caída de tensión, pero en ningún caso podrá ser menor de 2,5 milímetros cuadrados de sección (#14 AWG) de cobre o su equivalente.
4. **Caída de tensión máxima:** El máximo porcentaje de caída de tensión permitido en un circuito de alumbrado es de 3%, ya sea al circuito de máxima carga o al dispositivo más lejano.
5. **Cajas para centros de alumbrado y puntos de conexión:** Se deben utilizar cajas octogonales o cuadradas metálicas o plásticas de dimensiones adecuadas para el número de conductores y empalmes que van a contener, con perforaciones apropiadas para las tuberías que lleguen a ellas.

6. Cajas para interruptores: Para la salida de interruptores se debe emplear cajas de forma rectangular en instalaciones empotradas, todas las cajas en paredes o cielos rasos deben quedar al ras de la superficie.
7. Alineación y cierre de cajas: Las cajas para interruptores deben alinearse adecuadamente, y las cajas de conexiones deben ser cerradas completamente con sus respectivas tapas y ubicarse en sitios fácilmente accesibles.
8. Uso de cajas de conexión: No deben usarse cajas de conexión redondas cuando los tubos o conductos requieran tuercas o manguitos para su conexión a las caras laterales de la caja. No deben usarse artefactos de hojalata en los centros de alumbrado ni en las cajas de conexión debido a la oxidación fácil y la falta de resistencia mecánica.
9. Prohibición de cajas de madera: No deben utilizarse cajas de madera para las salidas del interruptor.
10. Cajas no metálicas: Las cajas no metálicas se pueden utilizar únicamente en instalaciones a la vista, con conductores montados sobre aisladores o cables multipolares con funda metálica.
11. Continuidad de los conductores: Los conductores deben ser continuos de derivación a derivación y no debe haber empalmes internos dentro de la tubería.
12. Empalmes de conductores: Los conductores deben ser empalmados de manera que la unión eléctrica y mecánica sea firme, por medio de conectores y entorches. Todos los empalmes, uniones y extremos libres de los conductores deben cubrirse con un aislamiento equivalente al de los conductores.
13. Conducción de conductores a dispositivos: La conexión de los conductores a los dispositivos o aparatos de alumbrado debe hacerse mediante tornillos que aseguren una perfecta conexión.
14. Longitud de conductores en cajas: En los centros de alumbrado se dejarán por lo menos 30 centímetros de conductor desde el borde de la caja de conexión. En las cajas de empalme o interruptores se dejarán por lo menos 15 centímetros de conductor para uniones y conexiones.
15. Accesibilidad de conductores: Los conductores deben ser accesibles para la instalación, revisión o cambio de los circuitos alimentadores.
16. Tuberías apropiadas: Los conductores para alumbrado deben ser llevados por las tuberías apropiadas de 13 mm (1/2") de diámetro interior como mínimo, para facilitar la instalación.

17. Instalación de sistemas de canalización: Las tuberías, cajas de conexión y accesorios deben instalarse como un sistema completo de canalización, sin los conductores.
18. Guías de alambre: Se debe utilizar dentro de las tuberías guías de alambre de hierro galvanizado o de otro material similar para tirar los conductores de las instalaciones.
19. Instalación de conductores: Los conductores no deben meterse en las tuberías hasta que toda la canalización eléctrica esté totalmente instalada, sujeta y limpia.
20. Protección de tuberías en hormigón: En elementos de hormigón, los extremos de las tuberías y las cajas de conexión deben taponarse perfectamente con papel o carbón para evitar la entrada de escombros o materiales extraños durante la construcción.

2.15. Distribución espacial de la luz

Para garantizar una iluminación adecuada y confortable en diferentes entornos, los criterios generales regulan la distribución espacial de la luz. Es fundamental evitar que las fuentes de iluminación produzcan sombras sobre el plano de trabajo en espacios como escuelas, oficinas, laboratorios y otros similares. Las sombras pueden afectar negativamente la productividad y el confort de los usuarios al interferir con la visibilidad y causar fatiga visual. Para lograr una iluminación uniforme y evitar deslumbramientos, las fuentes de iluminación deben colocarse y seleccionarse correctamente. Esto requiere el uso de luminarias adecuadas que distribuyan uniformemente la luz y colóquelas en posiciones estratégicas para reducir la formación de sombras. Cada espacio debe tener iluminación adecuada para las actividades específicas que se llevan a cabo, brindando claridad y comodidad visual.

El deslumbramiento, que debe evitarse para crear un entorno visual confortable, es otro factor importante a tener en cuenta al colocar las lámparas. El deslumbramiento reduce la efectividad y el bienestar de las personas en espacios iluminados porque puede causar molestias, interferir con la visión y fatiga visual.

Es recomendable utilizar luminarias equipadas con difusores para reducir el deslumbramiento. Los difusores reducen la intensidad de los puntos brillantes y ayudan a distribuir la luz de manera uniforme, suavizando el impacto de la luz en los ojos de los usuarios. La ubicación y orientación adecuadas de las lámparas también son importantes para reducir el deslumbramiento. Ajustar los ángulos de iluminación y colocar las fuentes de luz fuera del campo de visión directa puede mejorar significativamente la calidad de la iluminación y el confort visual en el espacio.

2.16. Método del flujo total para el cálculo del alumbrado de interiores.

Límites de Caída de Tensión.

Para otros tipos de circuitos tomacorrientes, equipos: La caída de tensión total incluyendo desde la fuente de suministro hasta el punto de uso no debe exceder el 5% de la tensión nominal.

Caída de Tensión en Sistemas Bifásico

Para un sistema bifásico, la caída de tensión se puede calcular usando la siguiente fórmula:

Cargas:

- Número de luminarias: 28
- Potencia por luminaria: 40W
- Número de tomacorrientes: 19
- Carga promedio por tomacorriente: 200W
- Voltaje: 220V

- Potencia **total de las luminarias**: $28 \times 40W = 1120W$
- Potencia **total de los tomacorrientes**: $19 \times 200W = 3800W$
- Potencia **total**: $1120W + 3800W = 4.920W$
- Corriente **total requerida**: $I_t = 22.36 \text{ Am}_p$

Fórmulas

$$I = \frac{P}{v} \qquad I = \frac{P}{2 \times v \eta \times \eta \times F_p}$$

$$I_t = \frac{4.920W}{220v}$$

$$I_t = 22.36 \text{ Am}_p$$

El factor de seguridad es de = 1.25

Para que me sirva el factor de seguridad para evaluar la capacidad de un componente o sistema para soportar cargas o esfuerzos sin sufrir fallas o deformaciones permanentes.

Entonces cual sería la corriente y el conductor a calcular.

$$I_t = 22.36 \times 1.25$$

$$I_t = 28 \text{ AMP}$$

Para calcular la caída de tensión con los datos proporcionados y determinar el calibre del conductor de aluminio para un sistema bifásico de 220V con una corriente de 28 amperios y una distancia de 70 metros, seguiremos estos pasos:

Parámetros del Circuito

Corriente (I): 28 amperios

Longitud del cable (L): 70 metros (ida) + 70 metros (vuelta) = 140 metros

Voltaje (V): 220V

Material del cable: Aluminio

Resistividad del aluminio (ρ): $2.82 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$

Calcular la Resistencia del Cable

La fórmula para la resistencia de un conductor es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A}$$

Donde:

ρ es la resistividad del material.

L es la longitud total del conductor (ida y vuelta).

A es el área de la sección transversal del conductor.

Calcular la Caída de Tensión

La fórmula para la caída de tensión es:

$$V_d = I \cdot R$$

Determinar si la Caída de Tensión es Aceptable

Generalmente, se considera aceptable una caída de tensión de hasta el 3% del voltaje de suministro en circuitos de distribución.

$$V_{\text{máximo caída}} = 0.03 \times V = 0.03 \times 220V = 6.6V$$

Determinar el Calibre del Conductor

Vamos a considerar diferentes calibres de conductores de aluminio y sus áreas de sección transversal para encontrar uno que cumpla con el límite de caída de tensión. Los calibres y sus áreas son:

6 AWG: 13.3 mm^2

4 AWG: 21.2 mm^2

2 AWG: 33.6 mm^2

1/0 AWG: 53.5 mm^2

Calculemos la Resistencia para el Calibre 4 AWG: 21.2 mm^2

Para 4 AWG:

$$A = 21.2 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$R = \frac{2.82 \times 10^{-8} \Omega m \times 140m}{21.2 \times 10^{-6} \text{ m}^2}$$

$$R = \frac{3.948 \times 10^{-6} \Omega m^2}{21.2 \times 10^{-6} \text{ m}^2}$$

$$R = 0.186 \Omega$$

$$V_d = 28Amp \times 0.186\Omega = 5.21V$$

La caída de tensión es de 5.21V, lo cual es menor al límite aceptable de 6.6V.

Para una corriente de 28 amperios, una distancia de 70 metros (ida) con un conductor de aluminio, y un voltaje de 220V en un sistema bifásico, el calibre adecuado del conductor de aluminio que mantiene la caída de tensión dentro del límite aceptable del 3% es **4 AWG**.

Se recomienda utilizar cable 4 AWG es recomendado para una acometida de 28 amperios a una distancia de 70 metros con un voltaje de 220V bifásico, puedes elaborar una recomendación detallada que incluya los cálculos necesarios.

Esta selección garantiza que la caída de tensión se mantenga dentro de los límites aceptables, asegurando la eficiencia y seguridad del sistema eléctrico.



- E = Nivel de iluminación medio que se pretende realizar (Lux)
- F = Flujo luminoso total emitido por la lámpara para obtener el nivel de iluminación deseado (En Lúmenes).
- S = Superficie total del local por iluminar en m²
- m = Factor de utilización, depende del sistema de iluminación, de las características de la luminaria, del índice del local (K) del factor de reflexión del techo y de las paredes del local (dado en tablas o catálogos de fabricantes). Este factor de utilización se obtiene experimentalmente en locales prototipo y empleando lámparas y luminarias de características fotométricas similares.
- K = Índice de local, toma en consideración el ancho y largo del local, así como la altura de las luminarias de características fotométricas similares.

- Para distribución con luz directa, semidirecta y mixta, el índice de local se calcula con la expresión:

$$k = \frac{A * B}{H (A + B)} \text{Escriba aquí la ecuación.} * I_L \quad (3)$$

Donde:

A = Ancho del local en metros.

B = Largo del local en metros.

H = Altura de las luminarias sobre el plano de trabajo en metros.

Cuando se calcula el alumbrado para distribuciones con luz semidirecta o indirecta, se debe tomar en cuenta la altura del local (H) con respecto al plano de trabajo.

δ = Factor de depreciación que interviene para el cálculo del flujo total, depende del tipo de luminaria del nivel de ensuciamiento y la frecuencia de limpieza de estas.

El procedimiento de cálculo por el método del flujo total se resume a continuación:

- 1) Obtener las características del local por iluminar: Esto incluye la actividad que se desarrollará en el mismo, la disposición y altura de los objetos por iluminar (plano de trabajo), y otros aspectos relevantes del espacio.
- 2) Obtener el nivel de iluminación en Luxes: Utilizar tablas de recomendaciones para obtener el nivel de iluminación adecuado en luxes para la actividad específica que se realizará en el local. Estas tablas proporcionan valores estándar basados en las necesidades visuales y el confort de los usuarios.
- 3) Determinar la superficie del local (S) en metros cuadrados: Calcular la superficie del local multiplicando las dimensiones del área a iluminar.

$$S = A * B$$

- 4) Calcular el índice de local (K): El índice de local es una medida que se utiliza para evaluar la geometría del espacio y su impacto en la distribución de la luz. El cálculo del índice de local se realiza con una fórmula específica que considera las dimensiones del local y la altura del plano de trabajo.

$$k = \frac{A * B}{H (A + B)} * I_L$$

- 5) Obtener de tablas el coeficiente de reflexión del techo y las paredes.

En las tablas se expresan

PT = factor de reflexión del techo

PP = factor de reflexión de las paredes

Se resume, la reflexión del techo y paredes de la siguiente manera:

Techo de color blanco PT = 0,7

Techo de color muy claro PT = 0,7

Techo de color claro PT = 0,5

Techo de color medio PT = 0,3

Paredes de color claro PP = 0,5

Paredes de color medio PP = 0,3

Paredes de color oscuro PP = 0,1

Si no se tiene datos sobre el color del techo y de las paredes o en caso de duda se adoptarán los siguientes valores:

Techo PT = 0,5

Paredes PP = 0,3

CAPITULO III

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

El propósito de este proyecto es renovar los circuitos de fuerza, instalar sistemas de iluminación y establecer una malla de tierra en la Unidad Educativa Marieta de Veintimilla, ubicada en el cantón Pedro Moncayo. Para garantizar un entorno seguro y bien iluminado que permita un desarrollo adecuado de las actividades académicas y administrativas, este centro educativo necesita mejoras en su infraestructura eléctrica. El siguiente documento proporciona un análisis detallado de los requisitos del proyecto, los cálculos necesarios y las especificaciones técnicas.

Número de Luminarias

Para comenzar, es crucial determinar las actividades que se llevarán a cabo en cada área de la Unidad Educativa, así como determinar sus dimensiones específicas. Por ejemplo, las aulas, los laboratorios, las oficinas y las áreas comunes tienen diferentes necesidades de iluminación debido a las diversas actividades que se realizan allí.

Para lograr esto, utilizaremos las tablas de recomendaciones para encontrar el nivel de iluminación en luxes (lx) apropiado para cada tipo de espacio. Los niveles de iluminación recomendados son los siguientes:

- Aulas: 300-500 lux.
- Laboratorios: 333-500 lux.
- Oficinas: 300-500 lux.

La superficie del local se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$S = A \times B$$

$$S = 6 \text{ m} \times 8 \text{ m}$$

$$S = 48 \text{ m}^2$$

Flujo Luminoso

El flujo luminoso total requerido se calcula con la siguiente fórmula:

$$\Phi = E \times S$$

$$\Phi_{\text{total}} = 400 \text{ lux} \times 48,2 \text{ m}^2$$

$$\Phi_{\text{total}} = 19200 \text{ lm}$$

Luminarias y cálculo del número de luminarias (n)

Se determina el flujo luminoso de cada luminaria.

$$N = \frac{\Phi_{\text{total}}}{\Phi_{\text{luminaria}}}$$

$$N = \frac{192000\text{lm}}{3200\text{lm}}$$

$$N = 6 \text{ luminarias}$$

La Unidad Educativa Marieta de Veintimilla comenzó con la determinación de las dimensiones del salón y el nivel de iluminación necesario para crear un ambiente de aprendizaje adecuado. Se descubrió que el salón tiene una superficie de 48 metros cuadrados y que se recomienda un nivel de iluminación de 400 lux. Se calculó el flujo luminoso total necesario como 19200 lúmenes utilizando estas cifras. Luego se descubrió que, con un flujo luminoso de 3200 lúmenes por luminaria, se necesitarían seis luminarias para cumplir con los requisitos de iluminación.

Armada de Malla de Tierra

La armada de una malla de tierra es esencial para la seguridad eléctrica porque proporciona un camino de baja resistencia para la dispersión de corrientes de falla. Esto es especialmente crucial en las instituciones educativas, donde la seguridad de los estudiantes y el personal es fundamental.

Resistividad del Suelo

El método Wenner se puede utilizar para determinar la resistividad del suelo. Para simplificar, suponemos que la resistencia típica es de 100 ohmios por metro.

Diseño de la Malla de Tierra

Área de la Malla de Tierra (A):

$$A = L * W$$

donde L y W son las dimensiones del área a proteger.

$$A = 20\text{m} \times 15\text{m}$$

$$A = 300 \text{ m}^2$$

Conductores Horizontales (N)

$$N = \frac{L}{d}$$

donde

d es la separación entre conductores.

$$N = \frac{20 \text{ m}}{5 \text{ m}}$$

$$N = 4 \text{ conductores}$$

En la Unidad Educativa Marieta de Veintimilla, se tomaron en cuenta las dimensiones del área a salvar (300 metros cuadrados) y la distancia entre los conductores (5 metros). Se descubrió que, para cubrir adecuadamente el área, se necesitan cuatro conductores horizontales. Este diseño garantizará que la malla de tierra funcione de manera efectiva al proporcionar una ruta de baja resistencia para dispersar corrientes de falla y mejorar la seguridad de la instalación eléctrica.

CAPITULO IV

PRUEBAS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se debe mostrar los resultados obtenidos de la implementación ejecutada, así como mediciones, tabulaciones, etc. Adicionalmente se debe plantear el análisis de los resultados obtenidos.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones deben especificarse a partir de los resultados obtenidos haciendo un análisis de lo relevante y no estableciendo conceptos obvios.

Las recomendaciones deben ser consideradas como aportes posibles y mejoras al desarrollo del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- Ascencios, D., & Meza, K. (2020). *Calibración, validación y automatización del sistema de riego por goteo subterráneo usando un microcontrolador*. Lima: Revista de Investigaciones Altoandinas.
- Bucheli, J. J. (2012). *Diseño y construcción de un banco de pruebas para un sistema de refrigeración de compresión de vapor de 1hp de capacidad, usando* . Escuela Politécnica del Ejército.
- Duche Zabala, E., & Miñan Manrique, W. (2013). *Diseño del sistema de puesta a tierra de la estación repetidora El Alisal para sistemas de telecomunicaciones de Movistar*. Guayaquil :.
- Erazo Abarca, C. A. (2017). *Diseño y construcción de un equipo de recuperación de refrigerante R-134*. El Salvador : Universidad de el Salvador.
- Escudero Salas, C. (2013). *Máquinas y equipos térmicos, instalación y mantenimiento, instalaciones frigoríficas de climatización, instalaciones de producción de calor*. Madrid: Paraninfo.
- Gomez, H. (2012). *Modelación de puestas a tierra para evaluación de sobretensiones transitorias*. Medellín.
- Gomez, R. R. (2010). *Teoría y diseño de sistemas de tierra*. Mexico.
- Justo, Y. (1999). *Riesgo inmediato para las personas en la proximidad de las instalaciones*.
- Lagunas Masquez, Á. (2021). *Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión Comerciales e Industriales*.
- Lopez, F. (2013). *Manual profesional de soluciones de puestas a tierra*. Colombia.
- Marquez Lagunas, Á. (2001). *Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión*.
- Medina Aguirre, F. A. (2012). *Antecedentes del estudio del campo magnético*. Colombia: Scientia Et Technica.
- Novillo Vicuña, J. (2018). *Arduino y El Internet de las Cosas*. Editorial Área de innovación y desarrollo.
- Rojas, G. (2006). *Manual de sistemas de puesta a tierra*. Venezuela.
- Rosario Francia, S. (2004). *Protección catódica-diseño de ánodos de sacrificio*. Lima: Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas.

Salazar Jimenez, J. A. (2015). *Introducción al fenómeno de corrosión: tipos, factores que influyen y control para la protección de materiales*. Costa Rica: Revista Tecnología en Marcha.