



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE LAS INSTALACIONES
ELÉCTRICAS EN EL JARDÍN INFANTIL Y COLEGIO REY CARLOS II DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Carlos Enrique Gómez Donis

Asesorado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz

Guatemala, noviembre de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE LAS INSTALACIONES
ELÉCTRICAS EN EL JARDÍN INFANTIL Y COLEGIO REY CARLOS II DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

CARLOS ENRIQUE GÓMEZ DONIS

ASESORADO POR EL ING. KENNETH ISSUR ESTRADA RUIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Cristian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Julio Rolando Barrios Archila
EXAMINADOR	Ing. Saúl Cabezas Durán
EXAMINADOR	Ing. Armando Alonso Rivera Castillo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE LAS INSTALACIONES
ELÉCTRICAS EN EL JARDÍN INFANTIL Y COLEGIO REY CARLOS II DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica con fecha 10 de abril de 2018.



Carlos Enrique Gómez Donis

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 23 de octubre de 2018.
Ref.EPS.DOC.880.10.18.

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto,

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Carlos Enrique Gómez Donis** de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, Registro Académico No. **201245848** y CUI **2184 53299 1701**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EL JARDIN INFANTIL Y COLEGIO REY CARLOS II, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA"**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
Asesor-Supervisor de

Área de Ingeniería Eléctrica
Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

c.c. Archivo
KIER/ra

Edificio de EPS, Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria, zona 12.
Teléfono directo: 2442-3509

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE EPS

Guatemala 23 de octubre de 2018.
Ref.EPS.D.413.10.18.

Ing. Otto Fernando Andrino González
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

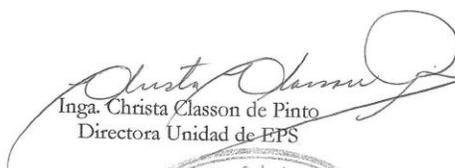
Estimado Ingeniero Andrino González:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado "**DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EL JARDIN INFANTIL Y COLEGIO REY CARLOS II, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**" que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Carlos Enrique Gómez Donis**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor y Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS

CCdP/ra



Edificio de EPS, Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria, zona 12.
Teléfono directo: 2442-3509

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF. EIME 81. 2018.
23 DE OCTUBRE 2018.

Señor Director
Ing. Otto Fernando Andrino González
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
**DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE
INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EL JARDÍN INFANTIL Y
COLEGIO REY CARLOS II, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN
CARLOS DE GUATEMALA,** del estudiante; **Carlos Enrique
Gómez Donis**, que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Julio Rolando Barrios Archila
Coordinador de Electrotécnica



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF. EIME 81. 2018.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen el Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante: CARLOS ENRIQUE GÓMEZ DONIS titulado: DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EL JARDÍN INFANTIL Y COLEGIO REY CARLOS II, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, procede a la autorización del mismo.

Ing. Otto Fernando Andriano González



GUATEMALA, 26 DE OCTUBRE 2018.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 501.2018

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EL JARDÍN INFANTIL Y COLEGIO REY CARLOS II DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Carlos Enrique Gómez Donis**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, noviembre de 2018

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por ser el creador de la vida, por guiarme en el camino hasta el día de hoy, por la bendición de Sabiduría, esfuerzo y valor de superar muchos retos, por la bendición de mi padre, mi madre y hermanos.

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por brindarme la oportunidad de una casa de estudios superiores y permitirme culminar una etapa de mi vida, siendo esta la finalización del proceso de estudios de Pregrado en la Facultad de Ingeniería.

Facultad de Ingeniería

Por todas las oportunidades que me brindaron en el proceso de mi estadía como estudiante de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica y por permitirme cumplir la meta de ser ingeniero.

**Jardín Infantil Rey Carlos II,
de la Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por permitir la realización de este proyecto y el apoyo brindado en su momento

AGRADECIMIENTOS A:

Mis padres

Carlos Enrique Gómez Caal y María Donis García de Gómez, por todo el esfuerzo que han realizado para brindarme la oportunidad de ser un profesional, por estar pendientes en todo momento de mi persona.

Mis hermanos

Daniel Enrique y Roberto Carlos Gómez Donis, por el apoyo que me han brindado, por el aprecio que nos tenemos, por los recuerdos e ilusiones que tenemos juntos.

Mi abuelo y mis abuelitas

Nicolás Gómez, Juana Caal y Luisa García, por todo el cariño y cuidado que me han brindado hasta el día de hoy.

Mis familiares

A mis primos, primas, tíos y tías, todos por los momentos difíciles y momentos alegres que hemos compartido, por los consejos de cada uno que en el transcurso de mi desarrollo académico y personal, por el apoyo que me han brindado a lo largo de mi carrera, por acompañarme a cumplir metas dando nuestro esfuerzo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. GENERALIDADES JARDÍN INFANTIL Y COLEGIO REY CARLOS II DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.....	1
1.1. Historia	1
1.2. Visión.....	2
1.3. Misión	3
1.4. Descripción de la entidad	3
1.5. Ubicación geográfica	4
1.6. Organización institucional.....	5
2. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES	7
2.1. Instalaciones.....	7
2.1.1. Caracterización de cargas	11
2.1.2. Estado actual y dimensionamiento de conductores	13
2.1.3. Revisión visual.....	14
2.1.4. Resistencia de aislamiento	15
2.2. Tableros de distribución y protección (flipones y fusibles).....	19
2.2.1. Revisión visual.....	19
2.2.2. Prueba de disparo	21

2.2.3.	Sobrecarga.....	22
2.2.4.	Capacidad de cortocircuito	23
2.3.	Red de tierras.....	23
2.3.1.	Verificación de red de tierras.....	23
2.4.	Pararrayos y apartarrayos.....	24
2.4.1.	Verificar si hay en el edificio	24
2.5	Intensidad lumínica por ambientes.....	24
2.6	Medición y análisis de consumos.....	26
2.6.1	Análisis de corrientes	26
2.6.2	Análisis de voltajes.....	26
2.6.3	Análisis de factor de potencia.....	27
2.6.4	Mediciones térmicas.....	28
3.	DIAGRAMAS UNIFILARES POR SECCIÓN DE INSTALACIONES	31
3.1	Diagrama unifilar completo del Jardín Infantil y Colegio Rey Carlos II.....	31
4.	CÁLCULOS TEÓRICOS	33
4.1.	Cálculos teóricos iluminación.....	33
4.1.1	Cálculo de luminarias	33
4.1.2	Cálculo por el método de cavidades zonales	33
4.1.2.1.	Cálculo del factor de mantenimiento y de utilización.....	37
4.2.	Cálculo de conductores por capacidad de corriente.	46
4.3.	Cálculo de las barras de tablero.....	50
4.4.	Cálculo protecciones.....	51
5.	APLICACIÓN CÁLCULOS TEÓRICOS	53
5.1.	Cálculos teóricos iluminación	53
5.2.	Aplicación cálculos teóricos de conductores y protecciones ...	56

5.3.	Cálculo protección de cada circuito	57
5.4.	Sistema de tierra	60
5.5.	Pararrayos	62
6.	COMPARACIÓN DE DATOS	65
6.1	Obtención de resultados.....	65
7.	ANÁLISIS FINANCIERO	69
8.	PLAN DE MANTENIMIENTO	79
8.1	Criterios básicos	79
8.1.1.	Descripción del sistema eléctrico.....	80
8.1.2.	Mantenimiento del sistema eléctrico.....	80
8.1.2.1	Técnicas de manejo.....	80
8.1.2.2	Localización de fallas.....	81
8.1.3.	Contactos defectuosos	82
8.1.4.	Técnicas de mantenimiento y conservación	84
8.1.5.	Pautas generales para el mantenimiento	84
8.1.6.	Mantenimiento de alumbrado y de interruptores.....	85
8.1.7.	Mantenimiento de tomacorrientes.....	85
8.1.8.	Revisión de circuitos.....	86
8.1.9.	Sistemas de emergencia	86
8.1.10.	Programa de mantenimiento.....	87
	CONCLUSIONES	89
	RECOMENDACIONES.....	91
	BIBLIOGRAFÍA.....	93

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Jardín Infantil y Colegio Rey Carlos II	2
2.	Ubicación geográfica	4
3.	Organigrama del Jardín Infantil y Colegio Rey Carlos II.....	6
4.	Foto acometida eléctrica área verde del Jardín Infantil.....	8
5.	Iluminación de exterior de ingreso del Jardín Infantil	9
6.	Iluminación de exterior del Jardín Infantil.....	10
7.	Iluminación interna del Jardín Infantil.....	11
8.	Carga instalada iluminación, fuerza, bomba hidroneumática.....	12
9.	Carga instalada iluminación, fuerza, bomba hidroneumática.....	13
10.	Situación actual de los conductores.....	14
11.	Situación actual de los tableros de distribución.....	15
12.	Tablero de distribución principal.....	20
13.	Tablero de distribución.....	21
14.	Tablero de distribución secundario C.....	22
15.	Niveles de corriente hora diaria.....	26
16.	Niveles de voltaje horario.....	27
17.	Niveles factor de potencia.....	28
18.	Fotografías tablero de distribución	29
19.	Diagrama unifilar Jardín Infantil y Colegio Rey Carlos II	31
20.	Iluminación con zonas de sombra e iluminación uniforme.....	37
21.	Cálculo de la relación local.....	39
22.	Software DIALux-evo para cálculo de iluminación	53

23.	MASS@TIERRA, unidad: kit, capacidad: hasta 600 A. altura: 78 cm	61
24.	La topología recomendada para el sistema de tierras para El Jardín Infantil y Colegio Rey Carlos II	61
25.	Diagrama para la topología recomendada para el sistema de tierras para el Jardín Infantil y Colegio Rey Carlos II	62
26.	Pararrayos Dat Controler Plus, fabricante: aplicaciones tecnológicas. Nivel de protección: IV	63

TABLAS

I.	Valores mínimos de resistencia de aislamiento	16
II.	Valores de intensidad lumínica por ambientes ambiente medido	25
III.	Factores de reflexión de techos y paredes.....	38
IV.	Cálculo del índice local.....	40
V.	Tabla para el cálculo del factor de mantenimiento Fm y factor de utilización Fu.	41
VI.	Intensidad de corriente admisible para conductores de cobre	47
VII.	Intensidad de corriente admisible para conductores aislados.....	48
VIII.	Factores de corrección por cantidad de conductores fC	49
IX.	Factores de corrección por temperatura ambiente fN	49
X.	Factores de corrección por temperatura fT	49
XI.	Luminarias instaladas por ambiente.....	54
XII.	Cálculo circuitos eléctricos Jardín Infantil y Colegio Rey Carlos II	58
XIII.	Tablero secundario acometida resultados cálculo de conductores vs conductores existentes.....	66
XIV.	Valores de intensidad lumínica por ambientes ambiente medido	67
XV.	Precio desmontaje y reubicación de medidor.....	69
XVI.	Precio desmontaje y reubicación de tablero de distribución.....	71

XVII.	Precio pararrayos	73
XVIII.	Precio sistema de tierras	74
XIX.	Precio tomacorrientes.....	75
XX.	Precio lámparas.....	77
XXI.	Programa de mantenimiento	87
XXII.	Cambio de artefactos eléctricos	87
XXIII.	Evaluaciones consumo eléctrico	88
XXIV.	Programa para cambio de artefactos	88
XXV.	Propuesta para sistema básico de mantenimiento.....	88

GLOSARIO

Acometida	Es el conjunto de conductores y componentes que conectan los servicios de la empresa suministradora o los sistemas eléctricos de las diferentes propiedades públicas o privadas en un punto de entrega.
Capacidad nominal	Es la capacidad para la que están diseñados los equipos.
Carga instalada	Es la suma de la capacidad nominal de todo el equipo eléctrico que se conecta a la acometida de la empresa.
Conductores	Conductores son todos aquellos materiales o elementos que permiten que atraviese el flujo de la corriente o de cargas eléctricas en movimiento. Si se establece la analogía con una tubería que contenga líquido, el conductor sería la tubería y el líquido el medio que permite el movimiento de las cargas.
Conectores	Son aquellos dispositivos que se utilizan para efectuar la conexión eléctrica entre dos o más conductores eléctricos.

Contador	Es un aparato electromecánico que se usa para medir la energía eléctrica, utilizado por el usuario.
Energía eléctrica	No es más que potencia integrada en el tiempo, se mide en kilovatio-hora (Kwh.).
Factor de potencia	Es la relación entre la potencia eficaz (Watt) y potencia aparente (VA).
Fusible	Se denomina fusible a un dispositivo, constituido por un filamento o lámina de un metal o aleación de bajo punto de fusión que se intercala en un punto determinado de una instalación eléctrica para que se funda, por efecto Joule, cuando la intensidad de corriente supere, por un cortocircuito o un exceso de carga, un determinado valor que pudiera hacer peligrar la integridad de los conductores
Interruptor	Aparato diseñado para abrir o cerrar un circuito de corriente eléctrica predeterminada, sin dañarse cuando se usa dentro de los límites de su capacidad.
Potencia activa	El producto voltaje por corriente por el factor de $\cos\phi$ $V * I * \cos\phi$ se llama potencia activa y se representa por la letra mayúscula P. La unidad de medida de la potencia activa es el vatio y su

múltiplo más empleado es el kilovatio (KW). La potencia activa.

Potencia aparente

El producto voltaje por corriente $V * I$ se llama potencia aparente y se representa por la letra mayúscula S. La unidad de la potencia aparente es el vatio amperio (KVA). La potencia aparente es una medida de la carga del sistema de distribución.

Potencia reactiva

El producto entre voltaje por corriente por $\text{sen}\phi$ $V * I \text{ sen}\phi$ se llama potencia reactiva y se representa por la letra mayúscula Q. La unidad de medida es el voltio amperio reactivo (VAR) y su múltiplo más empleado es el Kilovoltio amperio (KVAR). La potencia reactiva se utiliza para corregir el factor de potencia.

Sobrecarga

Es el exceso de la carga normal que puede sobrellevar un equipo que al continuar por un período más largo puede producir daños peligrosos al equipo o conductores por sobrecalentamiento.

Tablero de distribución

Es un gabinete que contiene barras y dispositivos de sobre distribución corriente, ya sea en forma de fusibles o interruptores automáticos, accesibles por su frente para la maniobra.

Voltaje

Es la diferencia de potencial entre dos conductores de un circuito eléctrico.

EPS

Ejercicio profesional Supervisado

RESUMEN

El presente trabajo de graduación presenta un diagnóstico y rediseño de las instalaciones eléctricas de los inmuebles del Jardín Infantil y Colegio Rey Carlos II, con lo cual se busca mejorar los actuales sistemas eléctricos de este centro educativo, priorizando la operación de las lactancias y salones de clases y la seguridad de las personas.

Para el desarrollo del presente proyecto, se realizó un análisis de red donde se estudiaron los diferentes parámetros eléctricos de la institución, lo que permitió proponer un diseño para la mejora del rendimiento eléctrico y económico.

Debido a la finalidad de la institución, es importante tomar en cuenta sistemas robustos y de alto rendimiento, ya que un sistema deficiente pone en riesgo la seguridad eléctrica y la integridad de las personas

OBJETIVOS

General

Diagnosticar y rediseñar el sistema eléctrico de las instalaciones eléctricas en el Jardín Infantil y Colegio Rey Carlos II de la Universidad de San Carlos de Guatemala proponer las mejoras mediante acciones correctivas y preventivas.

Específicos

1. Evaluar las instalaciones eléctricas a fin de determinar las áreas en mal estado permitiendo dar soluciones a los problemas encontrados.
2. Investigar las causas de las pérdidas de energía eléctrica.
3. Determinar con base en los estudios y análisis teóricos la condición y dimensión de los elementos actuales.
4. Determinar de manera concreta la condición actual que presentan los dispositivos, materiales y elementos que conforman la red eléctrica interna del Jardín Infantil y Colegio Rey Carlos II .

INTRODUCCIÓN

El edificio del Jardín Infantil y Colegio Rey Carlos II posee 15 años desde su construcción, por lo que la vida promedio de estas instalaciones eléctricas, debe ser no mayor a 30 años, y se debe de proyectar el crecimiento de las instalaciones ya que en el 2018 se incrementó la jornada de atención y cantidad de estudiantes por grado es por esto, que se hace necesario el estudio de las mismas, para dar un diagnóstico y diseñar la remodelación del sistema eléctrico y así mejorar la calidad de energía y aumentar la eficiencia y el tiempo de vida del sistema.

Este informe contiene inicialmente un diagnóstico y evaluación de las instalaciones eléctricas actuales, las cuales cubran todos los aspectos importantes, se presentan datos obtenidos del censo de cargas. Con toda la información recopilada se diseña la unificación mediante la sustitución de todas las acometidas eléctricas existentes, obteniendo un único sistema eléctrico.

Al planificarse la remodelación en un único sistema eléctrico se hace necesario realizar cálculos en lo concerniente al nuevo sistema de puestas a tierras y pararrayos, razón por la cual se presentan éste informe.

1. GENERALIDADES JARDÍN INFANTIL Y COLEGIO REY CARLOS II DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

1.1. Historia

En 1991 la Universidad de San Carlos de Guatemala en conjunto con el Ministerio de Trabajo inició con el proyecto con la firma de la carta de entendimiento y colaboración académica, científica y recreativa. La Dra. Telma Cortez por nombramiento rectoral del Dr. Alfonso Fuentes Soria elaboró el proyecto para la creación del centro infantil para los hijos de empleados de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Para la adquisición de mobiliario y equipo y la puesta en operación, se empezó con la gestión de recursos; este trámite permitió realizar una investigación pertinente con instituciones internacionales y nacionales con el fin de que apoyarán tanto en la construcción como en el equipamiento y puesta en marcha del jardín infantil. En 1996 el gobierno español a través de la cooperación española donó Q.355 783,00 para la adquisición de mobiliario y equipo para el proyecto. En 1997 la Universidad de San Carlos de Guatemala con fondos propios invirtió Q.382 838,43 para finalizar la construcción. El Rector Dr. Luis Leal apoyó el proyecto y lo apertura el 6 de febrero de 2003 con el Jardín Infantil y el Colegio Rey Carlos II dando apertura el ciclo escolar con preprimaria. Nombrando a la Licda. Irina Urbina como directora

Figura 1. **Jardín Infantil y Colegio Rey Carlos II**



Fuente: elaboración propia.

1.2. **Visión**

Ser la dependencia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, que con responsabilidad y eficiencia desarrollamos políticas y programas de atención integral para los/las hijos (as) de trabajadoras y los (as) estudiantes de esta casa de estudios, los cuales son implementados por personal altamente calificado y comprometido con la niñez, que nos permite actualizar permanentemente nuestros programas psicopedagógicos. En coordinación con los centros de investigación de las unidades académicas afines al proceso de atención, realizamos una investigación especializada aplicada al desarrollo integral de la niñez. En cumplimiento de los objetivos del Jardín Infantil, desarrollamos programas de capacitación y actualización permanente para el personal y contamos con un programa de evaluación del desempeño en el

servicio e incentivos para premiar la eficiencia de los trabajadores, lo que nos permite aplicar metodologías innovadoras de atención a la niñez.¹

1.3. Misión

“Somos el Jardín Infantil de la Universidad de San Carlos de Guatemala, creado por medio del acuerdo de Rectoría No. 101-2003 en respuesta de lo establecido por el Artículo 153 del Código de Trabajo, cuyo objetivo es brindar un servicio de atención especializada con ética y respeto, a los niños (as) y estudiantes de la Universidad de San Carlos de Guatemala, proporcionándoles con responsabilidad, a través de un programa psicopedagógico actualizado permanentemente, sustentado en los procesos creativos de investigación especializada y trabajo en equipo, aplicando tecnología propia de vanguardia, trabajando con todo el contexto del niño para garantizar su salud física, bienestar social y educación en un ambiente de seguridad y armonía coadyuvando a que los padres de familia se desempeñen adecuadamente en sus tareas cotidianas, asimismo contribuir a la disminución del porcentaje de deserción de los (as) estudiantes y mejorar la calidad laboral del trabajador (a)”².

1.4. Descripción de la entidad

Es una institución autónoma que se rige por leyes, reglamentos y estatutos, propios de la Universidad de San Carlos de Guatemala, que ejecuta sus acciones con financiamiento propio, subsidio universitario y movilización y gestión de recursos.

¹ Jardín Infantil y Colegio Rey Carlos. *Trifoliar informativo*.

La atención que brinda es integral y profesional para los niños (as) de maternal desde 40 días hasta niños (as) de 5 años, brindando un servicio optativo de pre-kinder, kinder, preparatoria y el servicio de tutoría para niños de 7 a 12 años que estén cursando el nivel de Preprimaria y Primaria.²

1.5. Ubicación geográfica

El Jardín Infantil se encuentra localizado en el Campus Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala zona 12, frente a las canchas de básquet bol de la Facultad de Agronomía. El área que ocupa es de 1 646 metros cuadrados, contando con parqueo y área verde.

Figura 2. Ubicación geográfica



Fuente: elaboración propia.

² Jardín Infantil y Colegio Rey Carlos. *Trifoliar informativo*.

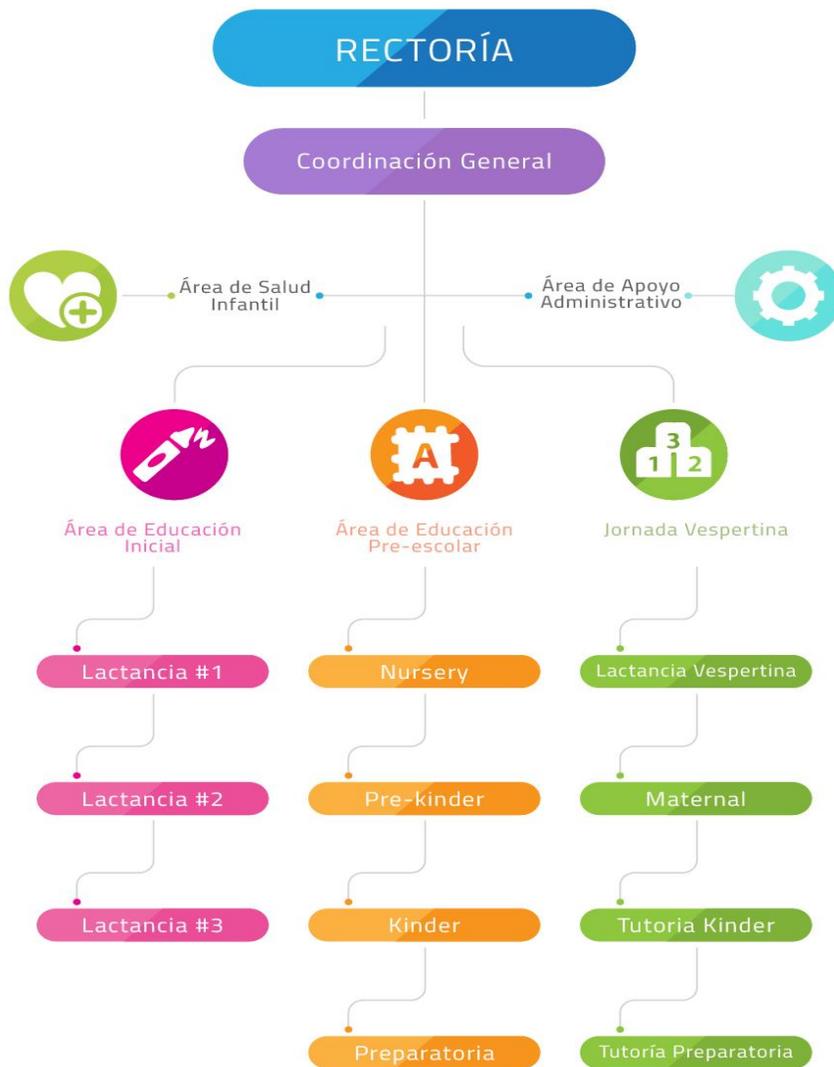
1.6. Organización institucional

El Jardín Infantil y Colegio Rey Carlos II depende directamente de la coordinación general, y su administración interna se subdivide de la siguiente manera:

- Área de apoyo administrativo, que es la encargada de toda la organización administrativa de la institución
 - El área de educación inicial
 - Área de educación preescolar
 - Jornada vespertina

- El área de salud infantil
 - Clínica psicología
 - Clínica médica
 - Clínica de nutrición

Figura 3. Organigrama Jardín Infantil y Colegio Rey Carlos II



Fuente: Organigrama Jardín Infantil y Colegio Rey Carlos.

<http://jardin.usac.edu.gt/index.php/nosotros/estructura-organizativa/>. Consulta: mayo 2018.

2. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES

La mayor parte de siniestros dentro de una instalación eléctrica domiciliar, industrial o comercial son provocados por cortos circuitos, debido a las deficiencias en las instalaciones eléctricas interiores, originadas principalmente por: sobrecarga de las instalaciones por el incremento de equipos y artefactos eléctricos, falta de mantenimiento de las instalaciones eléctricas, incumplimiento de las normativas técnicas en la ejecución de las instalaciones eléctricas, ya sean nuevas instalaciones o ampliación de instalaciones, mal estado, precariedad y antigüedad de las instalaciones eléctricas de los establecimientos, desconocimiento de los usuarios de los riesgos eléctricos en la utilización de las instalaciones eléctricas.

2.1. Instalaciones

Se hizo una inspección general de la infraestructura del Jardín Infantil y Colegio Rey Carlos II realizando un recorrido de las instalaciones internas y externas. Los principales hallazgos identificados en la revisión de campo del sistema eléctrico del centro de detención son:

- Elemento: acometida principal
 - Falta de mantenimiento
 - Conectores desgastados
 - Conductores en mal estado
 - Instalación inadecuada, fuera de norma

- Contador de consumo eléctrico en buen estado

Figura 4. **Foto acometida eléctrica del Jardín Infantil**



Fuente: elaboración propia.

- Elemento: iluminación perimetral
 - Luminarias en mal estado
 - Conductores desgastados
 - Conexiones deficientes
 - Falta de iluminación en el perímetro

Figura 5. Iluminación de exterior de ingreso del Jardín Infantil



Fuente: elaboración propia.

Figura 6. **Iluminación de exterior del Jardín Infantil**



Fuente: elaboración propia.

- Elemento: iluminación área administrativa y salones de clases
 - Luminarias en mal estado
 - Conductores desgastados
 - Conexiones deficientes

Figura 7. **Iluminación interna del Jardín Infantil**



Fuente: elaboración propia.

2.1.1. Caracterización de cargas

No se tienen planos eléctricos que indiquen la carga eléctrica instalada actualmente. El diagnóstico visual y físico permitió observar un crecimiento desordenado. Se encontró carga lumínica y de fuerza en todos los ambientes del jardín, se encontró una bomba hidroneumática. No se observó instalaciones eléctricas especiales.

Figura 8. Carga instalada iluminación, fuerza, bomba hidroneumática



Fuente: elaboración propia.

2.1.2. Estado actual y dimensionamiento de conductores

En la inspección se encontró conductores en mal estado, no existe ningún orden en el uso, cableado al alcance de las personas, no se encuentran especificaciones que identifiquen los circuitos, en su mayoría las instalaciones se realizaron fuera de planificación. En la mayoría de los circuitos se encontró calibre número 14AWG, 12 AWG, 10 AWG hasta 4AWG en las acometidas principales.

Figura 9. **Carga instalada iluminación, fuerza, bomba hidroneumática**



Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Situación actual de los conductores**



Fuente: elaboración propia.

2.1.3. Revisión visual

Se hicieron varias visitas de campo para la inspección visual de los edificios, revisando todos los tableros (primarios y secundarios), flipones (monofásicos y trifásicos), cableado, canaletas o tubería, luminarias, tomacorrientes, equipo de oficina, todo tipo de cargas, entre otros.

Figura 11. **Situación actual de los tableros de distribución**



Fuente: elaboración propia.

2.1.4. **Resistencia de aislamiento**

Los conductores deberán presentar una resistencia de aislamiento al menos igual a los valores indicados en la tabla I:

Tabla I. **Valores mínimos de resistencia de aislamiento**

Tensión nominal de la Instalación	Tensión de ensayo en corriente continua (V)	Resistencia de aislamiento (MΩ)
Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS) Muy Baja Tensión de Protección (MBTP)	250	> 0,25
Inferior o igual a 500V, excepto caso anterior	500	> 0,50
Superior a 500V	1 000	> 1.00

Fuente: elaboración propia.

Este aislamiento se entiende para una instalación en la cual la longitud del conjunto de canalizaciones y cualquiera que sea el número de conductores que las compone no exceda de 100 metros. Cuando esta longitud exceda del valor anteriormente citado y pueda fraccionarse la instalación en partes de aproximadamente 100 metros de longitud, bien por seccionamiento, desconexión, retirada de fusibles o apertura de interruptores, cada una de las partes en que la instalación ha sido fraccionada debe presentar la resistencia de aislamiento que corresponda según la tabla I.

Cuando no sea posible efectuar el fraccionamiento citado en tramos de 100 metros, el valor de la resistencia de aislamiento mínimo admisible será indicado en la tabla I, dividido por la longitud total de la canalización, expresada esta última en unidades de hectómetros.

Si las masas de los aparatos receptores están unidas al conductor neutro (redes T-N), se suprimirán estas conexiones durante la medida, restableciéndose una vez terminada esta.

Cuando la instalación tenga circuitos con dispositivos electrónicos, en dichos circuitos los conductores de fase y el neutro estarán unidos entre sí durante las medidas.

El aislamiento se medirá de dos formas distintas: en primer lugar, entre todos los conductores del circuito de alimentación (fase y neutro) unidos entre sí, con respecto a tierra (aislamiento con relación a tierra), y a continuación entre cada pareja de conductores activos. La medida se efectuará mediante un megohmetro, que no es más que un generador de corriente continua, capaz de suministrar las tensiones de ensayo especificadas en la tabla I, con una corriente de 1mA para una carga igual a la mínima resistencia de aislamiento especificada para cada tensión.

Durante la primera medida, los conductores, incluido el conductor neutro o compensador, estarán aislados a tierra, así como de la fuente de alimentación de energía a la cual están unidos habitualmente. Es importante recordar que estas medidas se efectúan por tanto en circuitos sin tensión, o desconectados de su fuente de alimentación habitual, ya que en caso contrario se podría averiar el comprobador de baja tensión o megohmetro. La tensión de prueba es la tensión continua generada por el propio megohmetro.

La medida de aislamiento con relación a tierra, se efectuará uniendo a esta el polo positivo del megohmetro y dejando, en principio, todos los receptores conectados y sus mandos en posición paro, asegurándose que no existe falta de continuidad eléctrica en la parte de la instalación que se verifica; los dispositivos de interrupción intercalados en la parte de instalación que se verifica se pondrán en posición de cerrado y los fusibles instalados como en servicio normal, a fin de garantizar la cantidad eléctrica de aislamiento. Todos los conductores se conectarán entre sí incluyendo el conductor neutro o

compensador, en el origen de la instalación que se verifica y a este punto se conectará el polo negativo del megohmetro.

Cuando la resistencia de aislamiento obtenida resulta inferior al valor mínimo que le corresponda, se admitirá que la instalación es no obstante correcta, si se cumplen las siguientes condiciones:

- Cada aparato receptor presenta una resistencia de aislamiento por lo menos igual al valor señalado por la norma particular del producto que le concierna o en su defecto $0.5M\Omega$.
- Desconectados los aparatos receptores, la resistencia de aislamiento de la instalación es superior a lo indicado anteriormente.

La segunda medida a realizar corresponde a la resistencia de aislamiento entre conductores polares, se efectúa después de haber desconectado todos los receptores, quedando los interruptores y cortacircuitos fusibles en la misma posición que la señalada anteriormente para la medida del aislamiento con relación a tierra. La medida de la resistencia de aislamiento se efectuará sucesivamente entre los conductores tomados dos a dos, comprendiendo el conductor neutro o compensador.

Por las instalaciones que empleen muy baja tensión de protección (MBTP) o de seguridad (MBTS) se debe comprobar los valores de la resistencia de aislamiento para la separación de estos circuitos con las partes activas de otros circuitos y también con tierra si se trata de MBTS, aplicando en ambos casos los mínimos de la tabla I.

2.2. Tableros de distribución y protección (flipones y fusibles)

Se cuenta con un tablero principal para cada una de las dos acometidas un tablero de distribución normalmente va en un cuarto destinado exclusivamente a la colocación de centros de carga y medición. En las instalaciones del jardín infantil los tableros de distribución están colocados en las aulas de clases, lo cual vulneraliza a los niños porque es de fácil acceso y el personal de mantenimiento puede tener contacto con los estudiantes. Se encuentran empotrados en la pared y son alimentados desde el secundario del transformador.

En lo que correspondiente a las protecciones, no se pudo establecer la carga instalada de algunos circuitos para verificar la protección correspondiente, se pudo tomar información básica, circuitos derivados, tableros secundarios, tableros principales, acometidas, los parámetros:

- Voltaje
- Corriente
- Demanda y consumo
- Balance de cargas
- Factor de potencia

2.2.1. Revisión visual

- Tablero de distribución principal
- Tablero tipo industrial, bifásico, barras de 125 amperios
- Voltaje 120/240 VAC
- 2 polos
- Tubo poliducto

Figura 12. Tablero de distribución principal



Fuente: elaboración propia.

- Tablero de distribución secundario bomba hidroneumática
- Tablero tipo industrial, bifásico, barras de 125 amperios
- Voltaje 120/240 VAC
- 2 polos
- Tubo poliducto

Figura 13. **Tablero de distribución**



Fuente: elaboración propia.

- Tablero de distribución secundario, (ver figura 14).
- Tablero tipo industrial, bifásico, barras de 125 amperios
- Voltaje 120/240 VAC
- 12 polos
- Tubo poliducto

2.2.2. Prueba de disparo

Se tomaron interruptores termomagnéticos al azar en los tableros de distribución para realizar las pruebas de disparo, para verificar su funcionamiento durante una falla.

Figura 14. **Tablero de distribución secundario C**



Fuente: elaboración propia.

2.2.3. Sobrecarga

Las pruebas de sobrecarga realizadas en los flipones de los tableros de distribución, consistió en poner en la posición de *off* (apagado) el flipón; luego se desconectó del tablero y se desconectó del flipón la línea de circuito que protege; después se conectó al flipón una de las puntas del circuito instalado para realizar la prueba que consistió en colocar en carga hasta sobrepasar la capacidad del flipón para obtener una configuración que de cómo resultado un pequeña resistencia y con esto el aumento de la corriente; luego se conectó la otra punta del circuito a tierra; después se instaló de nuevo el flipón en el tablero.

2.2.4. Capacidad de cortocircuito

La prueba de cortocircuito que se realizó consistió en poner en la posición de *off* (apagado) el flipón, luego se desconectó del tablero y se desconectó del flipón la línea del circuito que protege, después se conectó el extremo de un alambre forrado de calibre 12, en la cual estaba provista de un adaptador para instalarle un fusible (que en este caso se utilizó de 30 A) , después se colocó en su lugar el flipón, luego se conectó a tierra otra porción de alambre forrado de calibre 12, lo siguiente fue poner en la posición de on (encendido) el flipón, y después de tomar las previsiones, se procedió a unir los extremos de los alambres para provocar un cortocircuito, encontrándose que todas las pruebas efectuadas a los flipones, estos se disparaban correctamente.

2.3. Red de tierras

El sistema de red de tierras es el conjunto de: conductores, electrodos (varillas), conectores, entre otros. Que permiten la circulación y disipación de las corrientes de tierra. Garantizando conducción a tierra de: cargas estáticas o inducidas, descargas atmosféricas o corrientes de corto circuito, niveles de potencial seguros entre las estructuras metálicas de los equipos accidentalmente energizados y la tierra propiamente dicha. Para la seguridad de las personas que puedan tocar estas estructuras.

2.3.1. Verificación de red de tierras

En las instalaciones del jardín Infantil no se encontró un sistema de red a tierra o una conexión a tierra, solo se encontró las acometidas aterrizadas utilizando electrodos de cobre enterrado en el suelo, de dimensiones normalizadas por la empresa eléctrica.

2.4. Pararrayos y apartarrayos

Un pararrayos o sistema de pararrayos tienen finalidad de proteger a las personas y objetos que se encuentran dentro de las instalaciones o edificios que sean alcanzados por un rayo, Evitar el peligro y los daños que se puedan ocasionar en la misma construcción o en las colindantes (descargas en las instalaciones eléctricas de baja tensión, instalaciones telefónicas e instalaciones especiales

2.4.1. Verificar si hay en el edificio

Los edificios del Jardín Infantil no cuentan con instalaciones de pararrayos, pero es recomendable la instalación de un sistema de pararrayo, ya que protegería al equipo eléctrico instalado en él, y al personal o alumnos que pudieran tener contacto con alguna instalación eléctrica o estructura metálica del mismo, durante una descarga electro atmosférica en las instalaciones

2.5 Intensidad lumínica por ambientes

Se tomó mediciones con luxómetro de intensidad de iluminación en los ambientes de las instalaciones verificando que la mayoría son óptimos de acuerdo con mediciones realizadas, estando por debajo o muy cerca del valor necesario aquellos ambientes que cuentan con luminarias defectuosas o que su rendimiento se ve afectado por la falta de mantenimiento de pantallas o difusores.

Tabla II. **Valores de intensidad lumínica por ambientes ambiente medido**

Ambiente	Medición mínima- máxima	recomendado
Área administrativa	250-420	400
Baño área administrativa	150-200	100
Bodega de dirección	180-300	200
Dirección	300-400	400
Baño de dirección	150-200	100
Antesala	200-250	150
Baño antesala	150-200	100
Bodega antesala	190-200	200
Clínica	300-400	300
Clínica odontológica	300-400	300
Nutrición	300-400	300
Dirección colegio Rey Carlos II	250-300	400
Baño dirección colegio Rey Carlos II	150-200	100
Nursery	300-400	400
Pre-Kinder	300-400	400
Kinder	300-400	400
Preparatoria	300-400	400
Lactancia 1	300-400	400
Lactancia 2	300-400	400
Lactancia 3	300-400	400
Baño Nursery	150-200	100
Baño Pre-kinder	150-200	100
Baño Kinder	150-200	100
Baño Preparatoria	150-200	100
Baño Lactancia 1	150-200	100
Baño Lactancia 2	150-200	100
Baño Lactancia 3	150-200	100
Psicología	350-400	300
Bodega 1	150-200	100
Iluminación pasillos	120-200	100
Iluminación patio clínica psicológica	75-200	200
Iluminación patio lactancias	75-250	200

Fuente: elaboración propia.

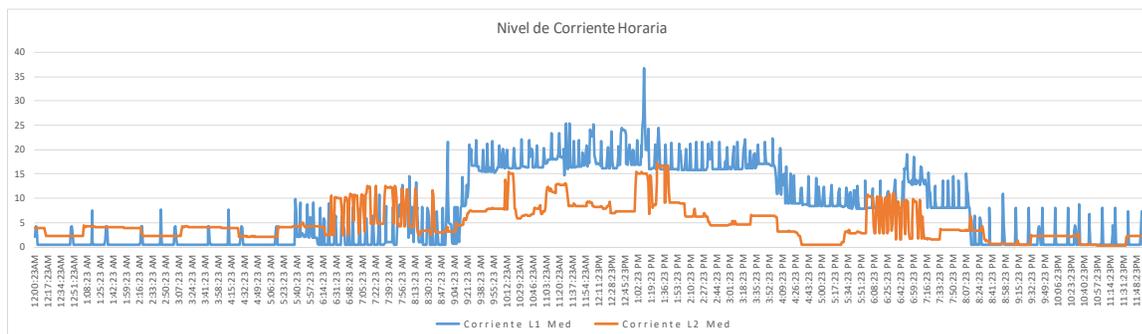
2.6. Medición y análisis de consumos

A continuación se realiza una descripción de la medición y análisis de consumos

2.6.1. Análisis de corrientes

En la figura 16 se observa la lectura de los niveles de corrientes de las dos fases durante un día instalado el equipo. La grafica observada es del día 3 de abril de 2018. Se puede observar que en la jornada de atención de estudio del jardín infantil una fase tiene la mayor cantidad de consumo de corriente lo que nos lleva a interpretar que esta desbalanceado la carga instalada en las fases sobre cargando una.

Figura 15. Niveles de corriente hora diaria



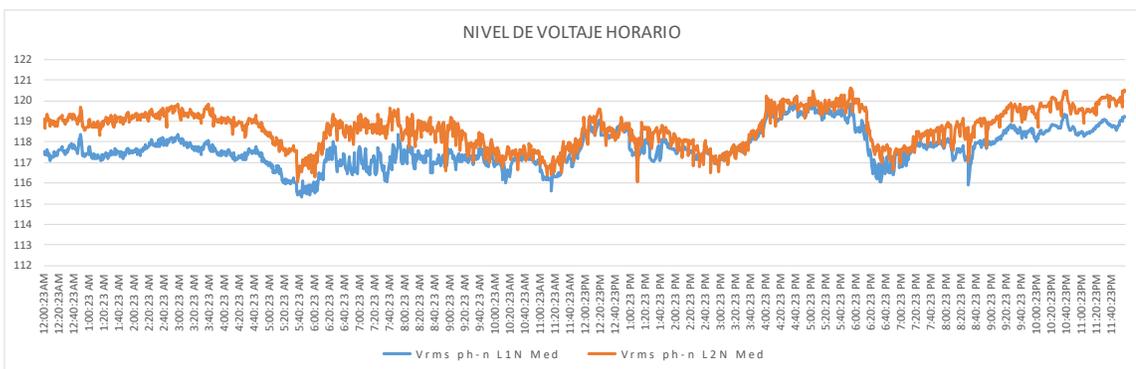
Fuente: elaboración propia.

2.6.2. Análisis de voltaje

En la figura 17 se observa la lectura de los niveles de voltajes de las dos fases durante un día instalado el equipo. La gráfica observada es del día 3 de

abril de 2018. Se puede observar que antes y después de la jornada de atención de estudio del jardín infantil los voltajes tienen un poco de variación entre ellos, pero cuando se instala la carga se emparejan y se mantienen durante toda la jornada de estudio.

Figura 16. Niveles de voltaje horario



Fuente: elaboración propia.

2.6.3 Análisis de factor de potencia

El Jardín Infantil y Colegio Rey Carlos II cuenta con un contrato de servicio de baja tensión en la empresa eléctrica donde no se mide el factor de potencia por tal motivo, la administración no ha observado algún tipo de problema con el factor de potencia, pero como se puede observar en la gráfica hay distorsiones mayormente en la fase 1.

Figura 17. Niveles factor de potencia

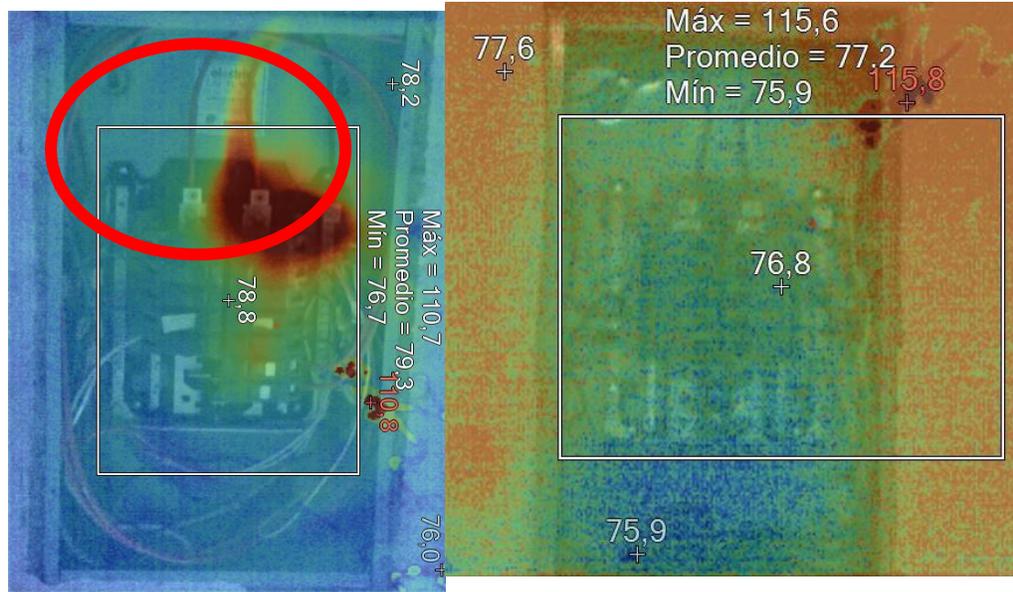


Fuente: elaboración propia.

2.6.4. Mediciones térmicas

Se tomaron con una cámara termográfica imágenes de los tableros de distribución con el fin de ubicar puntos calientes en los bornes y disyuntores, previniendo así algún tipo de falla por corrosión y pérdidas por calentamiento, estas mediciones dieron como resultados parámetros normales de temperatura (0-70 grados) a excepción del tablero de distribución donde están instaladas todas las cargas, el cual presento una diferencia de temperatura en la fase central (círculo rojo), este incremento no representa un posible punto de falla por corrosión, pues visualmente no se encontraron puntos de desgaste por calentamiento, pero si demuestra que existe un desbalance en la carga entre las fases, es decir, por este punto pasa una corriente mucho mayor que por la otra fase, a continuación se muestra en un círculo rojo lo antes indicado:

Figura 18. **Fotografías tablero de distribución**



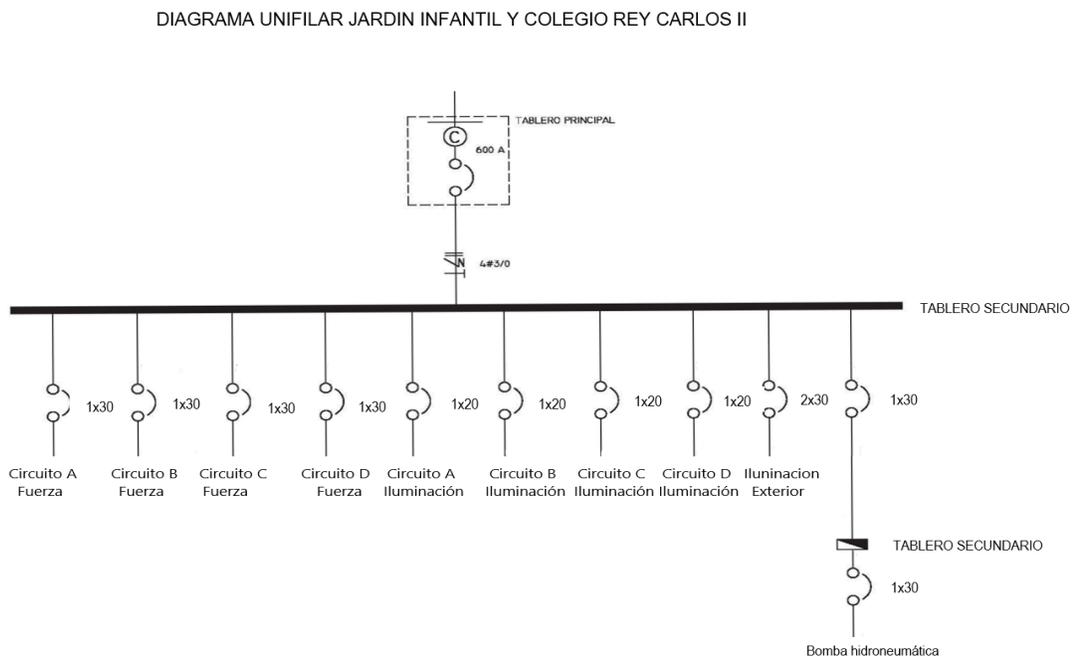
Fuente: elaboración propia.

3. DIAGRAMAS UNIFILARES POR SECCIÓN DE INSTALACIONES

3.1. Diagrama unifilar completo del Jardín Infantil y Colegio Rey Carlos II

En la figura 19 se puede observar el diagrama unifilar de las instalaciones actuales de la acometida, ramales principales, tableros de distribución y el tablero principal

Figura 19. Diagrama unifilar Jardín Infantil y Colegio Rey Carlos II



Fuente: elaboración propia.

4. CÁLCULOS TEÓRICOS

El cálculo o análisis teórico es el diseño adecuado de las instalaciones eléctricas, según la carga instalada y la cantidad de lúmenes por ambiente, cumpliendo con las normativas correspondientes, siendo este diseño quien responda a las necesidades actuales del Jardín Infantil y Colegio Rey Carlos II.

Se hará uso de programas de cómputo para el diseño teórico propuesto en el área de iluminación y fuerza.

4.1. Cálculos teóricos iluminación

A continuación se describen los cálculos teóricos de iluminación.

4.1.1. Cálculo de luminarias

Hay dos tipos de niveles de iluminación de interiores la local y la general. Con la iluminación local se establece las necesidades de luz para tareas específicas que se realizan en diferentes puntos del ambiente a iluminar. El nivel de iluminación general establece la iluminación en todas las áreas y es el más económico y efectivo de los dos.

4.1.2. Cálculo por el método de cavidades zonales

Este método de cálculo está basado en la definición de un lux que es equivalente a un lumen por metro cuadrado. Y solo se utiliza en el cálculo de alumbrado de interiores. Hay varios tipos de iluminación de interiores y van en

función de la ubicación de las fuentes luminosas para tener una buena funcionalidad, donde se pueden dividir en:

- Iluminación directa: es la iluminación en donde la fuente luminosa está dirigida directamente hacia el área de trabajo.
- Iluminación semidirecta: este tipo de iluminación es una parte de la fuente luminosa, va dirigida al área de trabajo y una parte del flujo luminoso se refleja en paredes, techos y mobiliario.
- Iluminación indirecta: esta iluminación es donde la fuente luminosa va dirigida a la pared, techo o a un mobiliario donde se refleja el flujo luminoso al área a iluminarse.
- Iluminación semi indirecta: esta iluminación es donde la fuente de luz emite flujos luminosos que llegan al techo, paredes que se reflejan a la zona de trabajo y otras ráfagas del flujo luminoso se esparcen en todas las direcciones y uniformemente en el área de trabajo.
- Iluminación difusa: este tipo de iluminación es aquella en la que la fuente luminosa emite rayos, los cuales son dirigidos directamente a una superficie opaca y al traspasarlas se reparten uniformemente en todas las direcciones del área de trabajo.

Para el cálculo por el método de cavidades zonales es necesario contar con información que provee el fabricante de la emisión luminosa inicial de cada lámpara, la cantidad instalada y el área de la zona considerada (en metros cuadrados) puede obtenerse el número de lúmenes por metro cuadrado o luxes. Donde el valor cambia de los luxes medidos min-max, ya que algunos lúmenes son absorbidos por la misma luminaria o por otros factores ambientales como la suciedad de la luminaria. La iluminación recomendado o nivel de iluminación es considerado según el uso del ambiente donde se va a

instalar la luminaria, buscando la cantidad de luxes óptima para la actividad a desarrollar en el ambiente de trabajo.

Donde se utiliza la siguiente ecuación:

$$E = \frac{\Phi_T}{S} F_m \cdot F_u \quad \text{ecuación 4.1}$$

Donde:

- E = nivel de iluminación recomendado, lux
- Φ_T = flujo de todas las luminarias del espacio a iluminar, lumen
- S = superficie del espacio a iluminar, m²
- F_m = factor de mantenimiento, adimensional
- F_u = factor de utilización, adimensional

Si se considera un local rectangular, se determina en la ecuación 4.1 la superficie del espacio en función del ancho y largo del local. El flujo total de todas las luminarias se calcula con la ecuación 4.3, en función de la cantidad de N luminarias distribuidas en grupos de n lámparas por el flujo de cada lámpara.

$$S = A \cdot L \quad \text{ecuación 4.2}$$

$$\Phi_T = N \cdot n \cdot \Phi_{\text{lámpara}} \quad \text{ecuación 4.3}$$

Donde:

A = ancho del local, m

L = largo del local, m

N = número de luminarias en el local

n = número de lámparas en una luminaria

$\Phi_{\text{lámpara}}$ = flujo luminoso de una lámpara, lumen

Sustituyendo las ecuaciones 4.2 y 4.3 en la ecuación 4.1, se obtiene la ecuación 4.4

$$E = \frac{N \cdot n \cdot \Phi_{\text{lámpara}}}{A \cdot L} F_m \cdot F_u \quad \text{ecuación 4.4}$$

1

En esta expresión la principal incógnita suele ser el número de luminarias N, debido a que:

- El valor de E se propone (por ejemplo 750 lux para una oficina).
- El valor de n se propone de acuerdo al tipo de luminaria a utilizar (por ejemplo 3 fluorescentes por luminaria).
- Las dimensiones A y L del local son medidas.
- F_m y F_u se obtienen en tabla IV
- $\Phi_{\text{lámpara}}$, flujo luminoso de la lámpara, en el catálogo del fabricante.

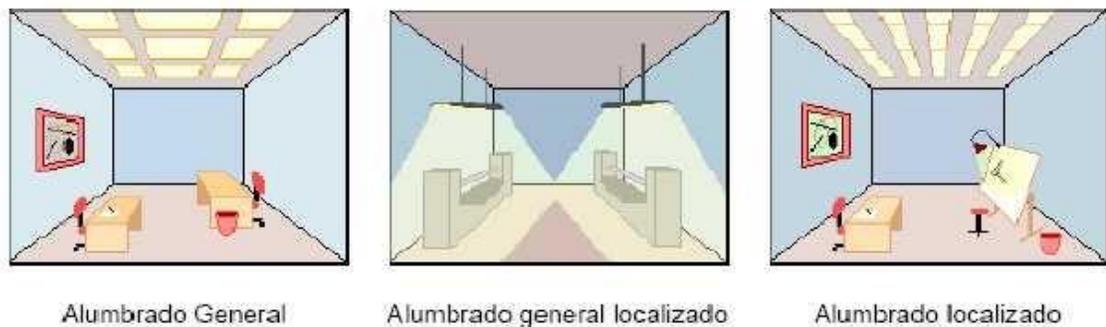
Despejando N, queda:

$$N = \frac{E \cdot A \cdot L}{n \cdot \Phi_{\text{lampara}} \cdot F_m \cdot F_u}$$

ecuación 4.5

Así es como se calcula el número de luminarias para determinada área o plano de trabajo. Para garantizar la uniformidad en la iluminación y evitar zonas de sombra, la distancia entre luminarias debe ser inferior a un determinado valor que podemos obtener en la segunda columna de la tabla IV.

Figura 20. **Iluminación con zonas de sombra e iluminación uniforme**



Fuente: Iluminación con zonas de sombra e iluminación uniforme

<https://sites.google.com/site/lum3nati5/iluminacion-artificial/0-teoria-de-la-iluminacion-artificial>.

Consulta: octubre de 2018.

4.1.2.1. **Cálculo del factor de mantenimiento y de utilización**

El factor de mantenimiento: cuando se utiliza este factor hay que tener en cuenta tres elementos que son variables y que afectan a la cantidad de flujo luminoso útil, la depreciación luminosa de la lámpara, la pérdida por acumulación de polvo y suciedad sobre la lámpara, y superficie reflectora y transmisora de la luminaria. De acuerdo con estas variables, el factor de

mantenimiento puede ser bueno, regular o malo, siendo el criterio para utilizar. El factor de utilización: este factor se da al relacionar el flujo luminoso que llega al área o plano de trabajo y el flujo total que emiten las lámparas instaladas. Y depende del valor adecuado del nivel de iluminación, el sistema de alumbrado, las luminarias, las dimensiones del local, la reflexión de techos paredes y pisos, y el factor de mantenimiento.

Pasos para el cálculo: a) se calcula la reflexión de techos y paredes de acuerdo con la tabla IV. b) se calcula la relación de local (factor RL) de acuerdo con la figura 22, donde se considera la proporción de las dimensiones del local, respecto de la ubicación física de la luminaria. c) se calcula el índice local el cual es una letra y se determina de acuerdo con el valor calculado para el factor RL como se muestra en la tabla V. d) se busca la luminaria propuesta en la tabla IV, donde se obtiene el valor del factor de mantenimiento (Fm) y con los valores del índice del local (la letra) y, la reflexión de techos y paredes, obtenemos el factor de utilización Fu.

Tabla III. **Factores de reflexión de techos y paredes**

Factor de reflexión en % de techos y paredes		
Color de paredes y techos	Luz blanca día	Luz incandescente y fluorescente blanca cálida
Blanco	70 – 90 %	70 – 90 %
Beige claro	70 – 80 %	70 – 80 %
Amarillo y crema claro	60 – 75 %	60 – 70 %
Techos acústicos blancos	60 – 75 %	60 – 75 %
Verde muy claro	70 – 80 %	60 – 70 %

Continuación de la tabla III.

Verde claro y rosa	45 – 65 %	40 – 55 %
Azul claro	45 – 55 %	40 – 50 %
Gris claro	40 – 50 %	40 – 50 %
Rojo claro	30 – 50 %	35 – 55 %
Marrón claro	30 – 40 %	35 – 45 %
Beige oscuro	25 – 35 %	30 – 40 %
Marrón, verde, azul, oscuros	5 – 20 %	10 – 25 %
Negro	3 – 4 %	4 – 5 %

Fuente: Factores de reflexión de techos y paredes

<http://www.upcplus.com/Contents/COURSECLASSROOM>. Consulta: octubre de 2018.

Figura 21. **Cálculo de la relación local**

	Tipo de luminaria	Relación del local, RL
	Directas, semidirectas, directas-indirectas y general difusa	$RL = \frac{AL}{h(A+L)}$
	Indirectas y semiindirectas	$RL = \frac{3AL}{2h(A+L)}$

Fuente: Cálculos de la relación local.

<http://www.upcplus.com/Contents/COURSECLASSROOM>. Consulta: octubre de 2018.

Donde:

H = altura del local, m

H = altura de montaje de las luminarias, m

A = ancho del local, m

L = largo del local, m

D = suspensión de la luminaria, m

La altura de montaje (h) se calcula según ecuación 4.6, siendo ésta la distancia que hay desde la luminaria, hasta el plano de trabajo, considerando generalmente el plano de trabajo a 0,85 m del suelo. Si las luminarias están empotradas, el valor de $d = 0$, entonces se obtiene la ecuación 4.7 para el cálculo de la altura de montaje.

$$h = H - d - 0,85 \text{ m} \quad \text{ecuación 4.6}$$

$$h = H - 0,85 \text{ m} \quad \text{ecuación 4.7}$$

Tabla IV. **Cálculo del índice del local**

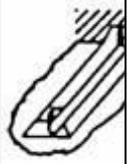
Índice del local	Relación de local
J	Menos de 0,7
I	0,70 a 0,89
H	0,90 a 1,11
G	1,12 a 1,37
F	1,38 a 1,74
E	1,75 a 2,24
D	2,25 a 2,74
C	2,75 a 3,49
B	3,50 a 4,49
A	Más de 4,50

Fuente: Cálculo del índice del local

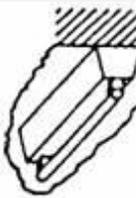
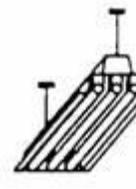
<http://www.upcplus.com/Contents/COURSECLASSROOM>. Consulta: octubre de 2018.

Ejemplo, para una luminaria industrial abierta, con un factor de mantenimiento malo, se observa en la tabla VI que le corresponde un valor de Fm igual a 0,5 y una distancia entre luminarias inferior a 0,8-h. Si se asume un índice del local C, reflexión de techo del 75 % y de pared 30 %, se ve en la tabla IV que el valor del factor de utilización correspondiente es de Fu igual a 0,67.

Tabla V. **Tabla para el cálculo del factor de mantenimiento Fm y factor de utilización Fu**

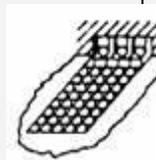
Tipo de luminaria	Factor de mantenimiento, Fm	Reflexión techo, %	75 %			50 %			30 %	
			Reflexión pared, %			0			0	
			0	0	0	0	0	0	0	0
Distancia entre Luminarias	Índice del local	Factor o coeficiente de utilización, Fu								
		Fluorescente empotrado abierto 	Factor mant. Bueno 0,75 Medio 0,65 Malo 0,55 Distancia Inferior a 0,8-h	J	,40	,37	,35	,39	,37	,35
I	,48			,46	,45	,47	,45	,44	,44	,43
H	,52			,50	,50	,51	,49	,49	,48	,48
G	,55			,54	,53	,54	,53	,51	,51	,50
F	,58			,56	,54	,55	,54	,53	,53	,52
E	,60			,59	,57	,59	,58	,56	,57	,55
D	,65			,62	,60	,62	,61	,59	,59	,58
C	,66			,64	,61	,64	,62	,61	,61	,60

Continuación de la tabla V.

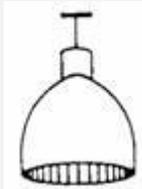
			,67	,65	,64	,65	,63	,62	,62	,61
		A	,68	,66	,65	,66	,65	,63	,64	,62
Fluorescente simple descubierto 	Factor mant. Bueno 0,70 Medio 0,60 Malo 0,53 Distancia Inferior a 1·h	J	,32	,27	,23	,32	,26	,23	,25	,23
		I	,40	,35	,31	,39	,34	,30	,34	,30
		H	,44	,39	,36	,43	,39	,35	,36	,35
		G	,48	,43	,40	,46	,42	,39	,41	,39
		F	,52	,47	,43	,50	,46	,42	,45	,42
		E	,57	,52	,48	,55	,51	,47	,50	,46
		D	,62	,56	,52	,59	,55	,51	,54	,51
		C	,65	,59	,54	,62	,57	,54	,56	,53
		B	,69	,63	,59	,65	,61	,58	,60	,58
		A	,71	,66	,62	,67	,63	,60	,61	,60
Luminaria industrial abierta 	Factor mant. Bueno 0,68 Medio 0,58 Malo 0,50 Distancia Inferior a 1·h	J	,38	,32	,28	,37	,32	,28	,31	,28
		I	,47	,42	,39	,46	,41	,38	,40	,37
		H	,51	,47	,44	,50	,47	,43	,46	,43
		G	,55	,51	,48	,54	,51	,47	,50	,47

Continuación de la tabla V.

		F	,58	,54	,51	,57	,53	,51	,52	,50
		E	,63	,60	,57	,62	,59	,56	,58	,55
		D	,68	,64	,61	,66	,64	,61	,63	,60
		C	,70	,67	,63	,68	,65	,63	,64	,62
		B	,73	,70	,68	,71	,68	,67	,67	,66
		A	,74	,72	,70	,72	,70	,68	,69	,67
Luminaria directa con rejilla difusora	Factor mant. Bueno 0,7 Medio 0,6 Malo 0,5 Distancia Inferior a 1·h	J	,33	,28	,26	,32	,28	,26	,28	,26
		I	,39	,36	,34	,39	,35	,34	,35	,34
		H	,43	,40	,38	,42	,40	,38	,39	,38
		G	,46	,43	,41	,45	,43	,41	,42	,41
		F	,48	,46	,43	,47	,45	,43	,45	,43
		E	,52	,50	,47	,51	,49	,47	,48	,47
		D	,55	,53	,51	,54	,52	,51	,52	,51
		C	,57	,55	,52	,56	,53	,52	,53	,52
		B	,59	,57	,56	,57	,56	,55	,55	,54
		A	,60	,58	,56	,59	,57	,56	,56	,55



Continuación de la tabla V.

<p>Esférica de vidrio</p> 	<p>Factor mant. Bueno 0,75 Me dio 0,70 Malo 0,60</p> <p>Distancia Inferior a 1,2·h</p>	J	,24	,19	,16	,22	,18	,15	,16	,14
		I	,29	,25	,22	,27	,23	,20	,21	,19
		H	,33	,28	,26	,30	,26	,24	,24	,21
		G	,37	,32	,29	,33	,29	,26	,26	,24
		F	,40	,36	,31	,36	,32	,29	,29	,26
		E	,45	,40	,36	,40	,36	,33	,32	,29
		D	,48	,43	,39	,43	,39	,36	,34	,33
		C	,51	,46	,42	,45	,41	,38	,37	,34
		B	,55	,50	,47	,49	,45	,42	,40	,38
		A	,57	,53	,49	,51	,47	,44	,41	,40
<p>Reflector de haz estrecho</p> 	<p>Factor mant. Bueno 0,75 Medio 0,70 Malo 0,50</p> <p>Distancia Inferior a 0,6·h</p>	J	,43	,40	,39	,42	,40	,39	,40	,38
		I	,51	,50	,49	,50	,49	,48	,49	,46
		H	,55	,54	,53	,54	,53	,52	,53	,52
		G	,59	,58	,57	,58	,56	,55	,56	,55
		F	,61	,60	,58	,59	,58	,58	,58	,57
		E	,64	,63	,62	,63	,62	,61	,61	,60

Continuación de la tabla V.

		D	,68	,65	,64	,66	,65	,64	,64	,63
		C	,69	,67	,65	,67	,66	,64	,64	,64
		B	,70	,68	,67	,68	,67	,66	,66	,65
		A	,71	,70	,68	,69	,67	,67	,67	,66
Reflector de haz medio ancho 	Factor mant. Bueno 0,75 Medio 0,70 Malo 0,50 Distancia Inferior a 1,1·h	J	,40	,36	,34	,39	,36	,34	,36	,33
		I	,48	,45	,43	,47	,44	,43	,44	,42
		H	,52	,50	,48	,51	,49	,47	,49	,47
		G	,55	,53	,52	,55	,52	,51	,52	,51
		F	,58	,56	,53	,56	,55	,53	,55	,53
		E	,62	,60	,58	,61	,59	,57	,58	,57
		D	,66	,63	,61	,64	,62	,61	,62	,61
		C	,67	,65	,62	,66	,64	,62	,63	,62
		B	,69	,67	,66	,67	,65	,64	,65	,64
A	,70	,68	,67	,69	,67	,65	,66	,64		

Fuente: Tabla para el cálculo del factor de mantenimiento Fm y factor de utilización Fu
<http://www.upcplus.com/Contents/COURSECLASSROOM>. Consulta: octubre de 2018.

Cuando se diseña un sistema de iluminación, el diseño depende de los factores que las condiciones del lugar impongan y criterios que se consideren por parte del personal que está a cargo del diseño, el que considerara normas, especificaciones y características del ambiente y de los equipos, como el nivel de iluminación requerido, los elementos que conforman el sistema de iluminación, el estado de los elementos del sistema de iluminación, cálculo de circuitos y calibres que lo alimentarán como sus protecciones, hacer el diseño acorde a las dimensiones físicas del ambiente.

El cálculo de iluminación en los ambientes del Jardín Infantil y Colegio Rey Carlos II se hará software que utiliza el método de cavidades zonales para el calculo de luminarias por ambiente y niveles de luxes por ambiente.

4.2. Cálculo de conductores por capacidad de corriente

En el Jardín Infantil las distancias de centro de distribución a carga instalada son muy cortas, por lo anterior se utilizará en método de cálculo de conductores por capacidad de corriente. La cantidad de corriente que transporta un conductor se ve restringida por factores que afectan un circuito eléctrico, los cuales se pueden mencionar: a) la capacidad de disipar la temperatura del medio que los rodea. b) la temperatura ambiente, c) la corrección por capacidad de transporte según el numero de conductores dentro de tubería y d) tipo de tubería (plástica o metálica).

Las tablas VI, VII, VIII, IX y X muestran la capacidad de corriente para conductores y los factores que afectan la capacidad de corriente de un conductor.

Tabla VI. Intensidad de corriente admisible para conductores de cobre

INTENSIDAD DE CORRIENTE ADMISIBLE PARA CONDUCTORES DE COBRE (Secciones AWG)								
AISLADOS		TEMPERATURA DE SERVICIO: 60°			75°		90°C	
SECCION	SECCION	GRUPO A			GRUPO B			DESNUDO
Nominal (mm) ²	AWG	TEMPERATURA DE SERVICIO			TEMPERATURA DE SERVICIO			
		60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C	
0,32	22	3	3					
0,51	20	5	5					
0,82	18	7,5	7,5					
1,31	16	10	10					
2,08	14	15	15	25	20	20	30	
3,31	12	20	20	30	25	25	40	
5,26	10	30	30	40	40	40	55	
8,36	8	40	45	50	55	65	70	90
13,30	6	55	65	70	80	95	100	130
21,15	4	70	85	90	105	125	135	150
26,67	3	80	100	105	120	145	155	200
33,62	2	95	115	120	140	170	180	230
42,41	1	110	130	140	165	195	210	270
53,49	1/0	125	150	155	195	230	245	310
67,42	2/0	145	175	185	225	265	285	360
85,01	3/0	165	200	210	260	310	330	420
107,2	4/0	195	230	235	300	360	385	490
127	250 MCM	215	255	270	340	405	425	540
152,0	300 MCM	240	285	300	375	445	480	610
177,3	350 MCM	280	310	325	420	505	530	670
202,7	400 MCM	280	355	360	455	545	575	730
253,4	500 MCM	320	380	405	515	620	660	840
304	600 MCM	355	420	455	475	690	740	
354,7	700 MCM	385	460		630	755		
380	750 MCM	400	475	500	655	785	845	
405,4	800 MCM	410	490		680	815		
456	900 MCM	435	520		730	870		
506,7	1000 MCM	455	545	585	780	925	1000	
633,4	1250 MCM	495	590		890	1065		
760,1	1500 MCM	520	625		980	1175		
886,7	1750 MCM	545	650		1070	1280		
1013	2000 MCM	560	665		1155	1385		

Grupo A: hasta 3 conductores en tubo o en cable o directamente enterrados. Grupo B: Conductor simple al aire libre.

Fuente : CAMPERO, Bratu. *Instalaciones eléctricas*. p. 28.

Tabla VII. **Intensidad de corriente admisible para conductores aislados**

INTENSIDAD DE CORRIENTE ADMISIBLE PARA CONDUCTORES AISLADOS (Secciones Milimétricas)			
TEMPERATURA DE SERVICIO: 70°C/TEMPERATURA AMBIENTE: 30°C			
SECCION NOMINAL (mm) ²	GRUPO1	GRUPO2	GRUPO3
0.75	-	12	15
1	11	15	19
1.5	15	19	23
2.5	20	25	32
4	25	34	42
6	33	44	54
10	45	61	73
16	61	82	98
25	83	108	129
35	103	134	158
50	132	167	197
70	164	207	244
95	197	249	291
120	235	291	343
150	-	327	382
185	-	374	436
240	-	442	516
300	-	510	595
400	-	-	708
500	-	-	809

GRUPO 1: Monoconductores tendidos al interior de ductos.
 GRUPO 2: Multiconductores con cubierta común, que van al interior de tubos metálicos, cables planos, cables portátiles o móviles, etc.
 GRUPO 3: Monoconductores tendidos sobre aisladores.

Fuente : CAMPERO, Bratu. *Instalaciones eléctricas*. p. 29.

Tabla VIII. **Factores de corrección por cantidad de conductores fC**

Cantidad de Conductores	Factor
4 a 6	0,8
7 a 24	0,7
25 a 42	0,6
Sobre 42	0,5

Fuente : CAMPERO, Bratu. *Instalaciones eléctricas*. p. 32.

Tabla IX. **Factores de corrección por temperatura ambiente fN**

Temperatura Ambiente °C	Factor
Más de 30 hasta 35	0,94
Más de 35 hasta 40	0,87
Más de 40 hasta 45	0,80
Más de 45 hasta 50	0,71
Más de 50 hasta 55	0,62

Fuente : CAMPERO, Bratu. *Instalaciones eléctricas*. p. 32.

Tabla X. **Factor de corrección por temperatura fT**

Secciones AWG «fT»	Temperatura de Servicio	
	60°C	75°C
Más de 30 hasta 40	0,82	0,88
Más de 40 hasta 45	0,71	0,82
Más de 45 hasta 50	0,58	0,75
Más de 50 hasta 55	0,41	0,67
Más de 55 hasta 60	-	0,58
Más de 60 hasta 70	-	0,35

Fuente : CAMPERO, Bratu. *Instalaciones eléctricas*. p. 33.

Para calcular la corriente de diseño que soporta un conductor por el método de corriente se tiene la siguiente fórmula.

$$I_{nom} = S / (\phi V) \quad \text{ecuación 4.8}$$

$$I_{tabla} = I_{nom} / \text{factores (tablas VII, IX, X)} \quad \text{educación 4.9}$$

Donde:

I_{nom} = corriente nominal

S = potencia aparente

ϕ = sistema monofásico (1) ò sistema trifásico $\sqrt{3}$

V = voltaje 110v / 220v

f_N = factor de corrección por N° de conductores

f_T = factor de corrección por temperatura

f_C = cantidad de conductores

4.3. Cálculo de las barras de tablero

Cuando se hace el cálculo de las barras de los tableros de distribución hay que tomar en cuenta los siguientes factores:

- Condiciones de la superficie de contacto: esta deberá ser plana, más no pulida.
- Superficie de contacto: esta no debe ser inferior a 5 veces el espesor del más delgado de los conductores.
- Fuerza de apriete necesaria: esta no debe permitir opción de flojedad.

Las barras en los tableros de distribución se calculan con la sumatoria de las corrientes nominales de cada fase las barras en los tableros de distribución pueden ser de cobre y aluminio.

4.4. Cálculo protecciones

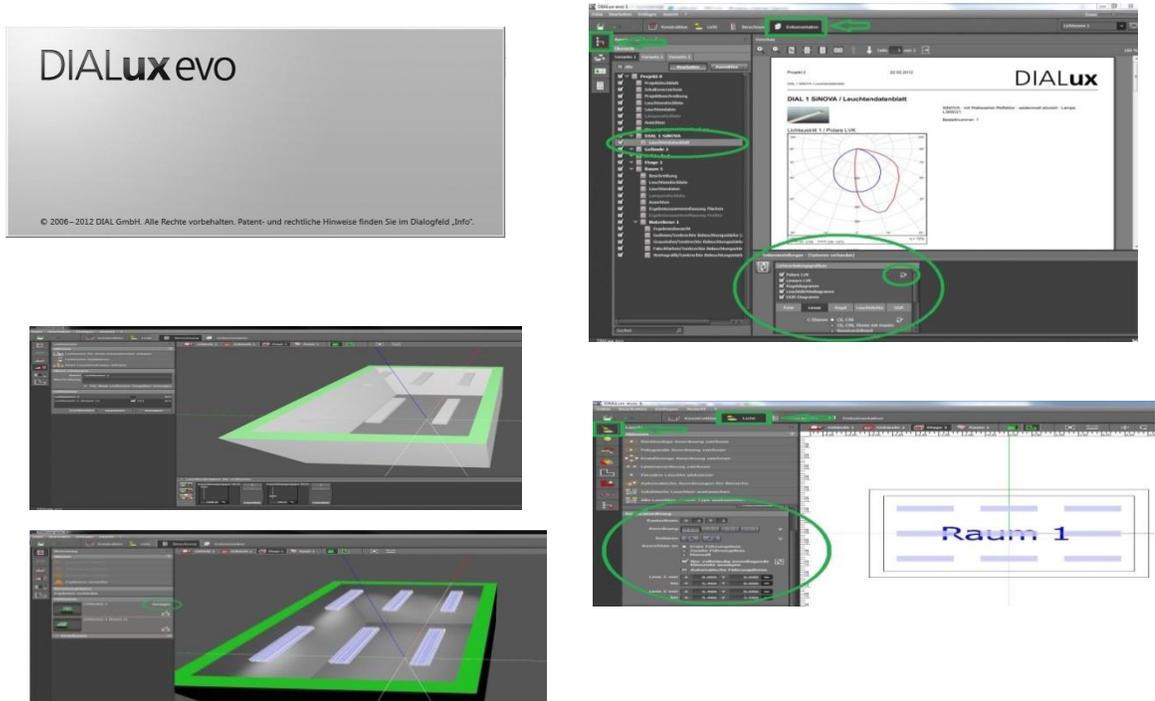
Para calcular la correspondiente protección, la cual debe ser seleccionada para una corriente de 1,25 veces la I_{nom} y por debajo de la corriente máxima soportada por el conductor seleccionado.

5. APLICACIÓN CÁLCULOS TEÓRICOS

5.1. Cálculos teóricos iluminación

Para el cálculo teórico de luminarias para los ambientes de trabajo, estudio y atención en el Jardín Infantil y Colegio Rey Carlos II, se utilizó el software DIALux evo Versión 5.2.2.14191, evo2.2 – 3D7CC1C, OpenGL/64 bits autónomos, Support ID: d9e82df593f1db567413daf37ec888e4. En el anexo A se adjunta manual de uso.

Figura 22. Software DIALux-evo para cálculo de iluminación



Fuente: elaboración propia.

A partir de la selección de la luminaria adecuada, de acuerdo a catálogo electrónico de los distintos fabricantes y al área de destino de uso, se procede el ingreso de valores al programa como lo son, área a iluminar, altura y condiciones físicas diversas del lugar, para obtener la luminosidad requerida (Luxes) y la distribución simétrica de las luminarias.

Se tiene por ambientes los siguientes resultados:

Tabla XI. **Luminarias instaladas por ambiente**

Ambiente	Tipo de luminarias o lámpara	Cantidad	Potencia x luminaria
Área Administrativa	Luminaria de lámpara TL5 para zonas al aire libre.	4	4x58 W
Baño área administrativa	Lampara Led	1	10 W
Bodega de dirección	Luminaria de lámpara TL5 para interiores.	2	4x35 W
Dirección	Luminaria de lámpara TL5 para interiores.	2	4x35 W
Baño de dirección	Lampara led	1	10 W
Antesala	Luminaria de lámpara TL5 para interiores.	4	4x35 W
Baño antesala	Lámpara Led.	1	10 W
Bodega antesala	Luminaria de lámpara TL5 para interiores.	1	4x35 W
Clínica	Luminaria de lámpara TL5 para interiores.	1	4x35 W
Clínica Odontológica	Luminaria de lámpara TL5 para interiores.	1	4x35 W
Nutrición	Luminaria de lámpara TL5 para interiores..	1	4x35 W

Continuación de la tabla XI.

Dirección colegio Rey Carlos II	Luminaria de lámpara TL5 para interiores.	1	4x35 W
Baño dirección colegio Rey Carlos II	Lámpara Led.	1	10 W
Nursery	Luminaria de lámpara TL5 para interiores.	3	4x35 W
Pre-Kinder	Luminaria de lámpara TL5 para interiores.	3	4x35 W
Kinder	Luminaria de lámpara TL5 para interiores.	3	4x35 W
Preparatoria	Luminaria de lámpara TL5 para interiores.	3	4x35 W
Lactancia 1	Luminaria de lámpara TL5 para interiores.	3	4x35 W
Lactancia 2	Luminaria de lámpara TL5 para interiores.	3	4x35 W
Lactancia 3	Luminaria de lámpara TL5 para interiores.	3	4x35 W
Baño Nursery	Lámpara Led.	1	10 W
Baño Pre-Kinder	Lámpara Led.	1	10 W
Baño Kinder	Lámpara Led.	1	10 W
Baño Preparatoria	Lámpara Led.	1	10 W
Baño Lactancia 1	Lámpara Led.	1	10 W
Baño Lactancia 2	Lámpara Led.	1	10 W
Baño Lactancia 3	Lámpara Led.	1	10 W
Psicología	Luminaria de lámpara TL5 para interiores.	2	4x35 W
Bodega 1	Luminaria de lámpara TL5 para interiores.	2	4x35 W

Fuente: elaboración propia.

5.2. Aplicación cálculos teóricos de conductores y protecciones

Cálculo de conductor por circuito: el cálculo de conductores, se realizó a partir de la carga instalada, quien es la que define la corriente que debe soportar el conductor. La selección de conductores se realizó en base a dos criterios:

- La capacidad de conducción de corriente (ampacidad)
- La caída de voltaje para circuitos con una longitud lineal considerable.

Ejemplo: circuito a fuerza

Se calcula la corriente nominal del circuito.

Potencia instalada = 1 800 VA (equivalente a 10 tomacorrientes uso general)

Factor de potencia = 1 (definido por el fabricante)

$$I_{nom} = S / (\phi V) = (1\ 800) / (1 * 120) = 15\ A$$

Se calcula la corriente de tabla en función a los siguientes factores:

- Factor temperatura ambiente (menor a 40°), factor 1
- Factor por conductores dentro de tubería para 1 conductor vivo, factor 1
- Factor por tipo de tubería, para tubería metálica, factor 1
- Factor por tipo de servicio, para servicio continuo, factor 1
- I de tabla = I nom. / producto de factores
- I tabla = 15 / (1*1*1*1) = 15 A

Se calcula la corriente de diseño en función del crecimiento vertical de las instalaciones.

$I_{\text{diseño}} = I_{\text{tabla}} \times \text{factor de crecimiento}$

Por norma se calcula para un crecimiento mínimo del 25 %.

$I_{\text{diseño}} = I_{\text{tabla}} \times 1,25$

$I_{\text{diseño}} = 15 \times 1,25 = 18,75 \text{ A}$

Se busca referencia de conductor de acuerdo que soporte como mínimo la corriente de diseño.

Se selecciona calibre número 10, el cual tiene la capacidad de soportar 40 A.

Por normativa NEC, el calibre mínimo utilizado en instalaciones eléctricas es el número 14 para iluminación y número 10 para potencia, de manera que si se obtiene en cálculos de circuitos una corriente que corresponda a un conductor de menor diámetro a los normados, se omite y se escoge el valor antes mencionado de acuerdo al tipo de circuito (iluminación o potencia).

Como resultado para el circuito A se obtiene un calibre de conductor 10.

5.3. Cálculo protección de cada circuito

Obtenido el cálculo de conductor de cada circuito, se calcula su correspondiente protección, la cual debe ser seleccionada para una corriente de 1,25 veces la I_{nom} y por debajo de la corriente máxima soportada por el conductor seleccionado.

$I_{\text{protección}} = 1,25 * I_{\text{nom}} = 1,25 * 15 = 18,75$. Se elige una protección de 1x20 que es el flipón más cercano existente en el mercado.

Tabla XII. **Cálculo circuitos eléctricos Jardín Infantil y Colegio Rey Carlos II**

Cálculo de alimentador

Datos de la carga

Carga nominal:	12 000	W
Tensión del sistema:	220	V
Fp:	1	
Eff:	100	%
Factor de diseño:	125	%
Corriente:	31,49	A

Datos del conductor

Calibre:	8	AWG/MCM
Capacidad nominal:	40	A
Factor corrección Temp:	1	
Conductores por fase:	1	
Capacidad total:	40,00	A

Cálculo de alimentador fuerza A,B,C

Datos de la carga

Carga nominal:	1 800	VA
Tensión del sistema:	120	V
Fp:	1	
Eff:	100	%
Factor de diseño:	125	%
Corriente:	8,66	A

Datos del conductor

Calibre:	10	AWG/MCM
Capacidad nominal:	30	A
Factor corrección Temp:	1	
Conductores por fase:	1	
Capacidad Total:	30,00	A

Continuación de la tabla XII.

Cálculo de alimentador Fuerza D

Datos de la carga

Carga nominal: 1 620 VA
Tensión del sistema: 120 V
Fp: 1
Eff: 100 %
Factor de diseño: 125 %
Corriente: 7,79 A

Datos del conductor

Calibre: 10 AWG/MCM
Capacidad nominal: 30 A
Factor corrección temp: 1
Conductores por fase: 1
Capacidad total: 30,00 A

Cálculo de alimentador iluminación A,B,C,D

Datos de la carga

Carga nominal: 1 500 W
Tensión del sistema: 120 V
Fp: 1
Eff: 100 %
Factor de diseño: 125 %
Corriente: 7,22 A

Datos del conductor

Calibre: 12 AWG/MCM
Capacidad nominal: 25 A
Factor corrección Temp: 1
Conductores por fase: 1
Capacidad total: 25,00 A

Continuación de la tabla XII.

Cálculo de iluminación exterior

Datos de la carga

Carga nominal: 3 000 W
Tensión del sistema: 220 V
Fp: 1
Eff: 100 %
Factor de diseño: 125 %
Corriente: 7,87 A

Datos del conductor

Calibre: 12 AWG/MCM
Capacidad nominal: 25 A
Factor corrección Temp: 1
Conductores por fase: 1
Capacidad Total: 25., A

Cálculo bomba idroneumática

Datos de la carga

Carga nominal: 1 HP
Tensión del sistema: 120 V
Fp: 1
Eff: 100 %
Factor de diseño: 125 %
Corriente: 3,59 A

Datos del conductor

Calibre: 12 AWG/MCM
Capacidad nominal: 25 A
Factor corrección Temp: 1
Conductores por fase: 1
Capacidad total: 25,00 A

Fuente: elaboración propia.

5.4. Sistema de tierras

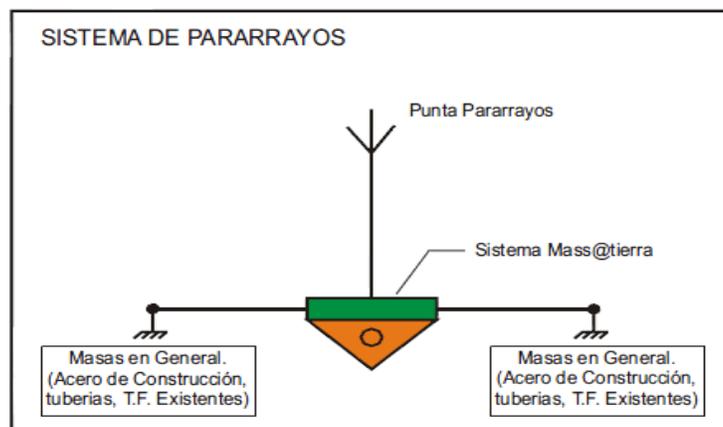
Se sugiere un sistema de tierras comercial: sistema de puesta a tierra MASS@TIERRA, unidad: kit, capacidad: hasta 600 A. Altura: 78 cm.

Figura 23. **MASS@TIERRA, unidad: kit, capacidad: hasta 600 A.
Altura: 78 cm**



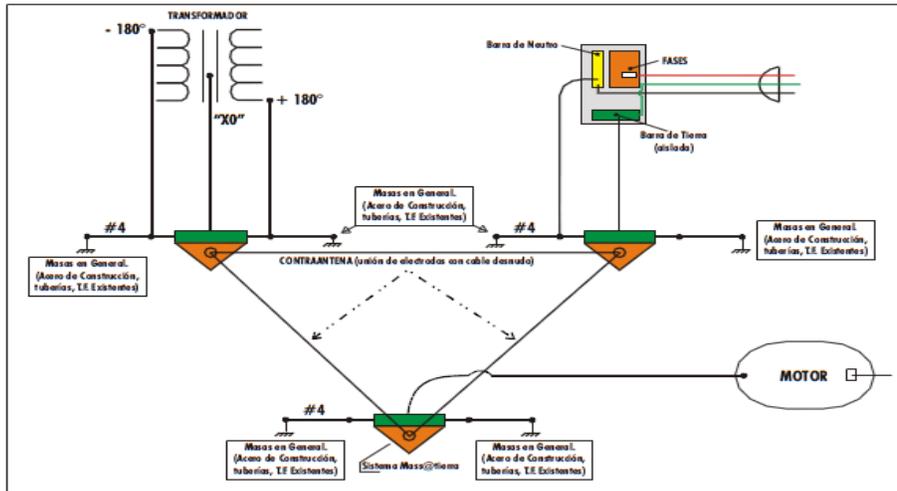
Fuente: elaboración propia.

Figura 24. **La topología recomendada para el sistema de tierras para
El Jardín Infantil y Colegio Rey Carlos II**



Fuente: elaboración propia.

Figura 25. Diagrama para la topología recomendada para el sistema de tierras para el Jardín Infantil y Colegio Rey Carlos II



Fuente: elaboración propia.

Se deberá medir el valor de la resistencia de todas las conexiones a tierra y dejará en el registro los datos como la fecha, estado de tiempo, valor obtenido de la resistencia, nombre de la persona que lo ha medido, aparato de medición usado, entre otros. Salvo indicación contraria, el valor de la resistencia deberá ser no mayor de 5Ω .

5.5. Pararrayos

Se caracteriza por responder al acercamiento del rayo, adelantándose en su captura a otros elementos dentro de su zona de protección, para conducirlo a tierra de forma segura. Este adelanto se denomina normativamente tiempo de avance en el cebado (Δt) y determina el radio de protección del pararrayos.

El pararrayo propuesto para los centros el Jardín Infantil y Colegio Rey Carlos II es: Dat Controler Plus, fabricante: Aplicaciones Tecnológicas. Nivel de protección: IV.

Figura 26. **Pararrayos Dat Controler Plus, fabricante: aplicaciones tecnológicas. Nivel de protección: IV**



Fuente: elaboración propia.

6. COMPARACIÓN DE DATOS

Este capítulo es la parte medular del trabajo de investigación debido a la importancia de la comparación entre el trabajo de estudio teórico y la realización de la práctica en el caso de las instalaciones eléctricas, pues el diseño de las instalaciones eléctricas se basa primero en el cálculo y la teoría y después en la práctica, tanto para seguridad, eficiencia y así como costos de la misma.

6.1. Obtención de resultados

Comparación de los calibres de los conductores eléctricos, en las tablas III a la IV aparecen los resultados de los cálculos de los calibres de los conductores eléctricos, el amperaje de la protección, y los existentes en el Jardín Infantil y Colegio Rey Carlos II, en la cual se puede observar que muchos de los calibres calculados son menores a los existentes, por lo que se puede decir, que lo existente en el jardín infantil y colegio Rey Carlos II funciona adecuadamente

Tabla XIII. **Tablero secundario acometida resultados cálculo de conductores vs conductores existentes**

Núm.	Descripción	Calibre de Conductor (calculado)	protección	calibre de conductor (existente)	protección
		AWG	Amp	AWG	Amp
1	circuito A Fuerza	10	30	12	30
2	circuito B Fuerza	10	30	12	30
3	circuito C Fuerza	10	30	12	30
4	circuito D Fuerza	10	30	12	30
5	Circuito A Iluminación	12	20	12	30
6	Circuito B Iluminación	12	20	12	30
7	Circuito C Iluminación	12	20	12	30
8	Circuito D Iluminación	12	20	12	30
9	Iluminación exterior	10	2x30	10	2x30
10	Bomba hidroneumática	10	30	10	30

Fuente: elaboración propia.

Comparación de luminarias: en las tablas V aparecen los resultados de los cálculos de las luminarias, el amperaje de la protección, y los existentes en el jardín infantil y colegio Rey Carlos II, en la cual se puede observar que muchos de los lumenes son menores a los existentes, por lo que se puede decir que lo existente en el jardín infantil y colegio Rey Carlos II funciona adecuadamente

Tabla XIV. **Valores de intensidad lumínica por ambientes ambiente medido**

Ambiente	Medición mínima-máxima	recomendado
Área administrativa	250-420	400
Baño área administrativa	150-200	100
Bodega de dirección	180-300	200
Dirección	300-400	400
Baño de dirección	150-200	100
Antesala	200-250	150
Baño antesala	150-200	100
Bodega antesala	190-200	200
Clínica	300-400	300
Clínica odontológica	300-400	300
Nutrición	300-400	300
Dirección colegio Rey Carlos II	250-300	400
Baño dirección colegio Rey Carlos II	150-200	100
Nursery	300-400	400
Pre-Kinder	300-400	400
Kinder	300-400	400
Preparatoria	300-400	400
Lactancia 1	300-400	400
Lactancia 2	300-400	400
Lactancia 3	300-400	400
Baño Nursery	150-200	100
Baño Pre-Kinder	150-200	100
Baño Kinder	150-200	100
Baño Preparatoria	150-200	100
Baño Lactancia 1	150-200	100
Baño Lactancia 2	150-200	100
Baño Lactancia 3	150-200	100
Psicología	350-400	300
Bodega 1	150-200	100
Iluminación pasillos	120-200	100
Iluminación patio clínica psicológica	75-200	200
Iluminación patio lactancias	75-250	200

Fuente: elaboración propia.

7. ANÁLISIS FINANCIERO

En el siguiente análisis financiero se hizo una cotización de materiales y mano de obra por separado de los elementos que conforman la instalación eléctrica del Jardín Infantil y Colegio Rey Carlos II.

Tabla XV. Precio desmontaje y reubicación de medidor

DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Desmontaje y reubicación de medidor utilizando una caja socket para medidor electromecánico monofásico medidor electrónico trifásico tipo socket, 5 agujas, registra KWh, KW, KVARh, Rango de voltaje: 120/480 V, corriente 30, Clase 200, Forma 16S, conexión 4WY, 4WD, kH 21.6, 60 Hz, A1R+, RXRS4e, GEKv	UNIDAD	1,00	Q 4 822,00	Q 4 822,00
MATERIAL Y HERRAMIENTA				
DESCRIPCION RENGLON	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
caja socket para medidor electromecánico monofásico medidor electrónico trifásico tipo socket, 5 agujas, registra KWh, KW, KVARh, Rango de voltaje: 120/480 V, corriente 30, Clase 200, Forma 16S, Conexión 4WY, 4WD, kH 21.6, 60 Hz, A1R+, RXRS4e, GEKv	UNIDAD	1,00	Q 907,00	Q 907,00
Accesorios	Global	1,00	Q 150,00	Q 150,00
Equipo y HerramientA	global	1,00	Q 111,79	Q 111,79
TRANSPORTE	global	1,00	10,00 %	Q 116,8
Total de materiales con IVA				Q 1 285,67
TOTAL DE MATERIAL SIN IVA				Q 1 285,67
Equipo				
DESCRIPCION RENGLON	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL

Continuación de la tabla XV.

TRANSPORTE DE PERSONAL	DIA	1,00	Q 700,00	Q	700,00
Total de materiales con IVA				Q	700,00
TOTAL DE MATERIAL SIN IVA				Q	625,00

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
DESMONTAJE Y REUBICACIÓN	unidad	1,00	Q 50,00	Q 500,00
ENCARGADO	GLOBAL	1,00	10,00 %	Q 50,00
SUBTOTAL MANO DE OBRA				Q 550,00
		AYUDANTE	35,50 %	Q 195,25
		PRESTACIONES	88,00 %	Q 655,82
TOTAL MANO DE OBRA				Q 1,401,07
TOTAL COSTO DIRECTO (MATERIALES + EQUIPO + MANO DE OBRA):				Q 3 311,74
TOTAL COSTO INDIRECTO: (INDIRECTOS + ADMIN. + UTILIDAD) :				30,00 % Q 993,52
SUB-TOTAL				Q 4 305,26
IVA:				12,00 % Q 516,63
TOTAL				Q 4 821,89
PRECIO UNITARIO				Q 4 822,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. Precio desmontaje y reubicación de tablero de distribución

**PRECIOS POR UNIDAD
INTEGRADOS INSTALACIÓN
TABLERO SECUNDARIO
MONOFÁSICO TIPO NLAB
240V,18 POLOS, 100A EN
BARRAS**

Precio desmontaje y reubicación de tablero de distribución

PROYECTO:	
	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD JARDIN INFANTIL Y COLEGIO REY CARLOS II

DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
INSTALACIÓN TABLERO SECUNDARIO MONOFÁSICO TIPO NLAB 240V,18 POLOS, 100A EN BARRAS	UNIDAD	1,00	Q 13 311,00	Q 13 311,00

MATERIAL Y HERRAMIENTA

DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
TABLERO MONOFASICO TIPO NLAB 240V,18 POLOS, 100A EN BARRAS	UNIDAD	1,00	Q 1,500.00	Q 1,500.00
FLIP ON 1*20	UNIDAD	1,00	Q 50,00	Q 50,00
FLIP ON 1*20	UNIDAD	1,00	Q 50,00	Q 50,00
FLIP ON 1*20	UNIDAD	1,00	Q 50,00	Q 50,00
FLIP ON 1*20	UNIDAD	1,00	Q 50,00	Q 50,00
FLIP ON 1*30	UNIDAD	1,00	Q 50,00	Q 50,00
FLIP ON 1*30	UNIDAD	1,00	Q 50,00	Q 50,00
FLIP ON 1*30	UNIDAD	1,00	Q 75,00	Q 75,00
FLIP ON 1*30	UNIDAD	1,00	Q 50,00	Q 50,00
FLIP ON 2*30	UNIDAD	1,00	Q 50,00	Q 50,00
FLIP ON 1*30	UNIDAD	1,00	Q 50,00	Q 50,00
Equipo y HerramientA	global	1,00	Q 457,31	Q 457,31
TRANSPORTE	global	1,00	10,00%	Q 253,23
Total de materiales con IVA				Q 2 785,54
TOTAL DE MATERIAL SIN IVA				Q 2 785,54

Continuación de la tabla XVI.

Equipo				
DESCRIPCION REGLON	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
TRANSPORTE DE PERSONAL	DIA	1,00	Q 700,00	Q 700,00
Total de materiales con IVA				Q 700,00
TOTAL DE MATERIAL SIN IVA				Q 625,00

MANO DE OBRA				
DESCRIPCION REGLON	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
DESMONTAJE DE TABLERO	unidad	1,00	Q 500,00	Q 500,00
MONTAJE TABLERO	unidad	1,00	Q 1 700,00	Q 1,700,00
ENCARGADO	global	1,00	10,00 %	Q 50,00
SUB-TOTAL MANO DE OBRA				Q 2 250,00
AYUDANTE			35,50 %	Q 798,75
PRESTACIONES			88,00 %	Q 2 682,90
TOTAL MANO DE OBRA				Q 5 731,65
TOTAL COSTO DIRECTO (MATERIALES + EQUIPO + MANO DE OBRA):				Q 9 142,19
TOTAL COSTO INDIRECTO: (INDIRECTOS + ADMIN. + UTILIDAD) :				30,00 % Q 2 742,66
SUBTOTAL				Q 11 884,85
IVA:				12,00 % Q 1 426,18
TOTAL				Q 13 311,03
PRECIO UNITARIO				Q 13 311,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. Precio pararrayos

**INTEGRACIÓN DE PRECIOS
UNITARIOS SISTEMA DE
PARARRAYOS**

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD JARDIN INFANTIL Y
COLEGIO REY CARLOS II**

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD EN JARDIN INFANTIL Y COLEGIO REY
CARLOS II

DESCRIPCIÓN REGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
	UNIDAD	1,00	Q 30 154,00	Q 30 154,00

SISTEMA DE
PARARRAYOS

MATERIAL Y HERRAMIENTA

DESCRIPCIÓN REGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
PARARRAYOS	UNIDAD	1,00	Q 24 000,00	Q 2 400,00
ACCESORIOS DE INSTALACIÓN	global	1,00	Q 8 000,00	Q 8 000,00
Equipo y Herramienta	global	1,00	Q 808,50	Q 808,50
TRANSPORTE	global	1,00	10,00 %	Q 1 120,85
Total de materiales con IVA				Q 12,329,35
TOTAL DE MATERIAL SIN IVA				Q 11 008,35

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN REGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL	
INSTALACIÓN	unidad	1,00	Q 3,500,00	Q 3 500,00	
ENCARGADO	GLOBAL	1,00	Q 350,00	Q 350,00	
SUBTOTAL MANO DE OBRA				Q 3 850,00	
			AYUDANTE	40,00 %	Q 1 540,00
			PRESTACIONES	80,00 %	Q 4 312,00
TOTAL MANO DE OBRA				Q 9 702,00	

--	--	--

Continuación de la tabla XVII.

TOTAL COSTO DIRECTO (MATERIALES + EQUIPO + MANO DE OBRA):		Q	20 710,35
TOTAL COSTO INDIRECTO: (INDIRECTOS + ADMÓN. + UTILIDAD):	30,00 %	Q	6 213,11
SUB-TOTAL		Q	26 923,46
IVA:	12,00 %	Q	3 230,82
TOTAL		Q	30 154,28

PRECIO UNITARIO	Q	30 154,00
------------------------	----------	------------------

Fuente: elaboración propia

Tabla XVIII. **Precio sistema de tierras**

INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS SISTEMA DE TIERRAS		ESTUDIO DE FACTIBILIDAD JARDIN INFANTIL Y COLEGIO REY CARLOS II		
DESCRIPCIÓN REGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Sistema de tierras	UNIDAD	1,00	Q 41 754,00	Q 41 754,00
MATERIAL Y HERRAMIENTA				
DESCRIPCIÓN REGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Sistema de tierras	UNIDAD	1,00	Q 16 000,00	Q 16 000,00
ACCESORIOS DE INSTALACIÓN	global	1,00	Q 4 000,00	Q 4 000,00
Equipo y Herramienta	global	1,00	Q 69,00	Q 693,00
TRANSPORTE	global	1,00	10,00 %	Q 2 069,30
Total de materiales con IVA				Q 22 762,30
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN REGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
		PRESTACIONES	80,00 %	Q 3 696,00
TOTAL MANO DE OBRA				Q 8 316,00

Continuación de la tabla XVIII.

VIÁTICOS	DIA	0,25	Q 150,00	Q 3,50
TOTAL COSTO DIRECTO (MATERIALES + EQUIPO + MANO DE OBRA):				Q 28 676,98
TOTAL COSTO INDIRECTO: (INDIRECTOS + ADMIN. + UTILIDAD) :			30,00 %	Q 8 603,09
SUB-TOTAL				Q 37 280,07
IVA:			12,00 %	Q 4 473,61
TOTAL				Q 41 753,68
PRECIO UNITARIO				Q 41 754,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Precio tomacorrientes**

PRECIOS POR UNIDAD INTEGRADOS		ESTUDIO DE FACTIBILIDAD JARDIN INFANTIL Y COLEGIO REY CARLOS II		
PROYECTO:	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD JARDIN INFANTIL Y COLEGIO REY CARLOS II			
OPCIÓN	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD JARDIN INFANTIL Y COLEGIO REY CARLOS II			
DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
INSTALACIÓN DE TOMACORRIENTES DE USO GENERAL CON ARMADURA DOBLE 2POLOS+ TIERRA, 15 AMP 125 V (SE INCLUYE EN LA INSTALACION DE CIRCUITOS DE FUERZA DEL TABLERO SECUNDARIO, (EL ALAMBRADO, EMPLACADO). TOMACORRIENTES, CIRCUITO FUERZA A,B,C,D DE 10 TUG	UNIDAD	40,00	Q 740,00	Q 29 600,00

Continuación de la tabla XIX.

MATERIAL Y HERRAMIENTA				
DESCRIPCION RENGLON	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
CABLE THHN #10 NEGRO	ML	900,00	Q 6,00	Q 5 400,00
CABLE THHN #10 BLANCO	ML	900,00	Q 6,00	Q 5 400,00
CABLE THHN #10 VERDE	ML	900,00	Q 6,00	Q 5 400,00
ARMADURA DOBLE 2POLOS+ TIERRA, 15 AMP 125 V	UNIDAD	10,00	Q 10,00	Q 100,00
Equipo y Herramienta	global	6,00	Q 223,58	Q 1 341,45
TRANSPORTE	global	6,00	10,00 %	Q 1 764,15
Total de materiales con IVA				Q 19 405,60
TOTAL DE MATERIAL SIN IVA				Q 17 326,42
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
INSTALAR+ TALLADO	unidad	40,00	Q 25,00	Q 1 000,00
ENCARGADO	GLOBAL	1,00	10,00 %	Q 100,00
SUB-TOTAL MANO DE OBRA				Q 1 100,00
			AYUDANTE	35,50 %
			PRESTACIONES	88,00 %
TOTAL MANO DE OBRA				Q 2,802,14
VIATICOS	DIA	4	Q 50,00	Q 200,00
TOTAL COSTO DIRECTO (MATERIALES + EQUIPO + MANO DE OBRA):				Q 20 328,56
TOTAL COSTO INDIRECTO: (INDIRECTOS + ADMIN. + UTILIDAD) :			30,00 %	Q 6 098,57
SUBTOTAL				Q 26 427,13
IVA:				12,00 %
TOTAL				Q 29 598,39
PRECIO UNITARIO				Q 740,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. Precio lámparas

PRECIOS POR UNIDAD INTEGRADOS		ESTUDIO DE FACTIBILIDAD JARDIN INFANTIL Y COLEGIO REY CARLOS II		
PROYECTO:				
DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
INSTALACIÓN DE LUMINARIAS DE TABLERO SECUNDARIO,(EL ALAMBRADO, EMPLACADO). CIRCUITOS INSTALADOS DE ILUMINACIÓN A,B,C,D	UNIDAD	125,00	Q 724.00	Q 90 500,00

MATERIAL Y HERRAMIENTA

DESCRIPCION RENGLON	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Swich simple	UNIDAD	24,00	Q 15.00	Q 360,00
Swich Three way	UNIDAD	3,00	Q 25.00	Q 75,00
CABLE THHN #12 NEGRO	ML	600,00	Q 4.50	Q 2 700,00
CABLE THHN #12 BLANCO	ML	600,00	Q 4.50	Q 2 700,00
CABLE THHN #12 ROJO	ML	300,00	Q 4.50	Q 1 350,00
luminaria	UNIDAD	98,00	Q 500.00	Q49 000,00
Equipo y HerramientA	global	1,00	Q 175.13	Q 175,13
TRANSPORTE	global	1,00	10.00%	Q 5 636,01
Total de materiales con IVA				Q61 996.14
TOTAL DE MATERIAL SIN IVA				Q55 353.70

MANO DE OBRA

DESCRIPCION RENGLON	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
ROMPER TECHO O PARED	UNIDAD	47,00	Q 25,00	Q1175,00
INSTALACIÓN + TALLADO	UNIDAD	47,00	Q 25,00	Q 1 175,00
ENCARGADO	GLOBA L	1,00	10,00 %	Q 235,00
SUB-TOTAL MANO DE OBRA				Q 2 585,00
			AYUDANTE	35,50 % Q 917,68
			PRESTACIONES	88,00,% Q 3 082,36

Continuación de la tabla XX:

TOTAL MANO DE OBRA	Q 6 585,04
---------------------------	-------------------

VIATICOS

Viaticos	dia 5	Q 50,00	Q 250,00
----------	---------------------	------------	-----------------

TOTAL COSTO DIRECTO (MATERIALES + EQUIPO + MANO DE OBRA):		Q62 188,74
TOTAL COSTO INDIRECTO: (INDIRECTOS + ADMÓN. + UTILIDAD) :	30,00 %	Q18 656,62
SUBTOTAL		Q80 845,36
IVA:	12,00 %	Q 9 701,44
TOTAL		Q 90 546,80

PRECIO UNITARIO	Q 724,00
------------------------	-----------------

Fuente: elaboración propia.

8. PLAN DE MANTENIMIENTO

Es necesario un plan de mantenimiento de las instalaciones eléctricas del Jardín Infantil y colegio rey Carlos II para lograr:

- Minimizar la posibilidad de fallas previsibles.
- Cuidar y mantener las instalaciones en perfectas condiciones.
- Reparar las instalaciones que sólo requieren destreza manual.
- Organizar los materiales de recambio.
- Habilitar un equipo mínimo de mantenimiento.
- Definir los criterios técnicos básicos para aceptar artefactos eléctricos en la red eléctrica existente.

Para lograr los anteriores objetivos, este programa está orientado, en primer lugar, a describir el sistema eléctrico y de corrientes y sus componentes y facilitar un levantado de los planos eléctricos definiendo su simbología, para luego establecer técnicas de mantenimiento.

Además, para situaciones de emergencia se describirán equipos y los criterios para su incorporación e instalación. Finalmente, se aportarán programas de mantenimiento y criterios para la calificación de personal técnico habilitado por los servicios correspondientes.

8.1. Criterios básicos

A continuación se describen los criterios básicos del sistema eléctrico.

8.1.1. Descripción de sistema eléctrico

El sistema eléctrico puede ser de tipo monofásico o trifásico, los cuales tienen su forma de distribución y un método de reparto de los circuitos. La empresa eléctrica de Guatemala EEGSA suministrará las siguientes tensiones en baja tensión.

Las tensiones que EEGSA proporcionará son:

- 120/240 voltios 1 fase 3 conductores
- 120/240 voltios 3 fases 4 conductores
- 240/480 voltios 3 fases 4 conductores
- 120/208 voltios 1 fases 3 conductores (panel de medidores)
- 120/208 voltios 3 fases 4 conductores
- Otra clase de voltaje, es necesario que sean consultados directamente a EEGSA

8.1.2. Mantenimiento del sistema eléctrico

El sistema eléctrico del Jardín Infantil y Colegio Rey Carlos II está compuesto por tableros de distribución, protecciones, circuitos fuerza e iluminación, empalmes.

8.1.2.1. Técnicas de manejo

La operación del sistema eléctrico sólo se verifica en la activación de cada uno de los artefactos eléctricos que están incorporados en él y de los sistemas protectores correspondientes. Para la operación normal de los

artefactos eléctricos no se requiere ningún tipo de herramientas de activación ni de verificación. Para las labores de mantenimiento se requiere de las siguientes herramientas:

- Destornilladores: con mangos aislantes. Estos pueden ser de paleta, cruz, estrella o hexágonos, dependiendo de los tornillos y pernos que utilicen los artefactos.
- Detector de fase: normalmente es un destornillador especial, cuyo mango se enciende cuando entra en contacto con una de las fases de la instalación.
- Alicates cortantes: con mangos aislantes por medio de plásticos. Alicates de punta cónica: permiten formar las curvas de los cables que deben sujetarse con tornillos.
- Un amperímetro: permitirá evaluar la intensidad de la corriente. Normalmente, este instrumento incluye un voltímetro que indica la tensión efectiva del circuito eléctrico.
- Cintas aisladoras: de color para la fase rojo, negro o azul y de color blanco y verde para el neutro y tierra.
- Cables y alambres: surtido de cables y alambres de diámetro y características similares a las utilizadas en los sistemas eléctricos. Este surtido se va formando sobre la base de las reparaciones de mantenimiento que se ejecutan en el transcurso del tiempo.

8.1.2.2. Localización de fallas

Las fallas o averías típicas de una instalación defectuosa pueden producirse por:

- Cable de diámetro inferior al correcto
- Conexión defectuosa de cables
- Conexión suelta de artefactos
- Artefactos de mayor amperaje al definido para el circuito

8.1.3. Contactos defectuosos

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:

- 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.
- 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.
- 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 estén fallando, se reparan o cambian.

- 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: el estado de los protectores de tensión en los tableros de distribución. el estado de los protectores diferenciales de tableros de distribución. el estado del o los protectores de tensión del tablero general o general auxiliar.
- 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: Pulsar el botón de chequeo para el protector diferencial; en caso de falla, el circuito seguirá activado. Comprobar el estado físico exterior de los protectores de tensión; éstos acusan falla al calentarse. Cortar el suministro eléctrico desde el medidor o el tablero general y activar los protectores de tensión; si alguno no puede conectarse, está descompuesto.
- Para un punto de luz de tubo fluorescente, debe desmontarse el tubo y probarlo en un punto de control del tubo fluorescente.

8.1.4. Técnicas de mantenimiento y conservación

Una instalación eléctrica bien proyectada y ejecutada no debe generar grandes conflictos para su mantenimiento; sin embargo, en un establecimiento educacional debe primar el cuidado de los artefactos eléctricos sobre el mantenimiento del sistema, para lo cual es necesario incentivar la participación de la comunidad escolar, controlando el funcionamiento de los artefactos, verificando el estado del alumbrado, horas de uso y vida útil de las lámparas, estado de conservación de los interruptores, portalámparas y enchufes.

Las acciones que se propone son para un control constante del sistema eléctrico, por lo que se pueden incorporar dentro del accionar educativo. Por ejemplo, los alumnos de básica, respecto a la suma y resta de artefactos en funcionamiento, y los estudiantes de grados superiores, en el estudio de cálculo de rendimiento y costos en el uso de los artefactos.

8.1.5. Pautas generales para el mantenimiento

Antes de elaborar un sistema de mantenimiento, se deberán ejecutar las siguientes acciones básicas:

- Recopilar el o los planos eléctricos del establecimiento.
- Hacer un levantamiento de todos los artefactos instalados en el sistema, donde se exprese gráficamente cada uno de ellos por cada uno de los recintos y espacios del establecimiento.
- Los recintos y espacios deberán definirse por un número o letra.

8.1.6. Mantenimiento de alumbrado y de interruptores

El mantenimiento del alumbrado y sus interruptores consiste en tener un control del consumo de lámparas, sus horas útiles, su consumo eléctrico y debiendo generar una pauta para la reposición de los artefactos dañados.

Por cada recinto se identificarán las lámparas y dentro de ellas cada una de las bombillas o tubos. Se confeccionará una plantilla de control de los artefactos por cada uno de los recintos, definiendo tipo de lámpara, potencia, fecha de instalación, fecha de reposición, vida útil.

En las lámparas existentes, se identificarán sus bombillas o tubos; una vez definido un artefacto, se agregarán las letras A, B, C o D, según el número de componentes, para llevar un control diario de su funcionamiento, determinando sus horas de uso, de tal modo que se medirá la vida útil de cada una de ellas y de sus componentes. Por ejemplo: lámpara fluorescente número 1 del recinto A, tiene tres tubos

8.1.7. Mantenimiento de tomacorrientes

El mantenimiento de los tomacorrientes está en directa relación con la seguridad de los artefactos. Manteniendo un control constante, visual y práctico, es común en los establecimientos educacionales que los interruptores fallen por acción mecánica y no eléctrica, por lo que se propone:

- Identificar los tomacorrientes por cada uno de los recintos.
- Reponer los tomacorrientes dañados por la acción de terceros.
- Reponer los tomacorrientes dañados por acción eléctrica, evaluando el estado de los cables o alambres alimentadores.

- Evaluar la constante de daños mecánicos y eléctricos por recintos, delimitando responsabilidades. Para ejecutarla, se desarrollará una plantilla de control de los artefactos por recinto y el número de cambios por mes, semestre o año

8.1.8. Revisión de circuitos

Los circuitos deben ser revisados en función de las fallas registradas en el sistema de iluminación o de los tomacorrientes. Sólo debe existir un control visual de las tapas de las cajas de derivación, más por razones de seguridad de los alumnos, que técnicas.

Se deben revisar el o los tableros mensualmente para ver el estado de los protectores; si éstos presentan rasgos de calentamiento, desprendimiento, daños de partes o situaciones similares, debe solicitarse la asistencia de personal especializado.

8.1.9. Sistemas de emergencia

Se entiende por sistema de emergencia el conjunto de instalaciones y equipo eléctrico destinado a proporcionar energía eléctrica a aquellas partes de una instalación cuyo funcionamiento es esencial para la protección de la vida o la propiedad privada y por razones de seguridad, cuando se interrumpe la alimentación normal de la instalación.

Para su buen funcionamiento, los sistemas de emergencia requieren una rutina de mantenimiento que consiste en ser probados periódicamente. Por normativa, se debe llevar un control de estas pruebas.

8.1.10. Programa de mantenimiento

Se presenta el programa de mantenimiento y la descripción de cada una de sus actividades describiendo cada una de estas.

Tabla XXI. Programa de mantenimiento

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO													
CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA ELÉCTRICO													
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES ANUALES		MESES DEL AÑO											
ACTIVIDADES		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Revisar Inventario de artefactos eléctricos	■											
2	Cambio de artefactos eléctricos de acuerdo al programa de renovación		■										
3	Evaluación del consumo eléctrico			■			■			■			■
4	evaluación de artefactos dañados durante la jornada escolar			■						■			■
5	Revisión de los artefactos eléctricos	■											
6	Control de Artefactos Eléctricos						■						■
7	Programa de cambio de artefactos Eléctricos			■						■			■

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. Cambio de artefactos eléctricos

CAMBIO DE ARTEFACTOS ELÉCTRICO
ACTIVIDAD
Definir el grado de obsolescencia de los artefactos por rendimiento o por daño mecánico
Definir la coincidencia de alto recambio de artefactos por circuitos por falla eléctrica o daño mecánico
Seleccionar los circuitos a renovar de artefactos, verificando el estado de los cables
Definir la modalidad de ejecución de plazos
Ejecutar cambio de artefactos eléctricos

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Evaluaciones consumo eléctrico**

EVALUACIÓN DEL CONSUMO ELÉCTRICO
ACTIVIDAD
Recopilar antecedentes de los artefactos eléctricos del consumo estimado y vida útil
Desarrollar un control sistemático del uso de los artefactos eléctricos
Desarrollar un control diario de encendido y apagado de los artefactos eléctricos
Capacitar a los encargados de mantenimiento
Recolectar semanalmente los cuadros de control, por horas efectivas
Definir los circuitos de acuerdo con el mayor consumo eléctrico
Definir los circuitos con mas cambios de artefactos eléctricos

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Programa para cambio de artefactos**

PROGRAMACIÓN PARA CAMBIO DE ARTEFACTOS ELÉCTRICOS			
ACTIVIDADES	VER	SI	NO
Elaborar criterios de prioridad en seguridad de personas			
definir pautas de cambio de artefactos en función de la urgencia de ellos			
definir cuadro de requerimientos mensual y anual para el remplazo de artefactos eléctricos			
Definir presupuesto y modalidad de ejecución			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Propuesta para sistema básico de mantenimiento**

PROPUESTA PARA SISTEMA BÁSICO DE MANTENIMIENTO		
ACTIVIDADES	SI	NO
estableces bodega para taller eléctrico		
stock de herramientas básicas		
stock de artefactos eléctricos equivalente al 5% del inventario de artefactos eléctricos instalados		
establecer encargado de mantenimiento		

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Es necesaria la remodelación de los alimentadores, tableros, flipones en relación con que la vida útil en un cable radica en su aislamiento y la cantidad de corriente que pasa por ellos.
2. Los tableros de distribución se encuentran en mal estado y desbalanceados, se modificó el diseño original afectando su operación en barras.
3. Un porcentaje bastante alto de las instalaciones actuales se encuentran en mal estado, por lo que la remodelación es de carácter urgente para evitar que el sistema eléctrico colapse.
4. El costo económico de la obra se justifica con un sistema eléctrico que será capaz de dar seguridad y eficiencia energética al Jardín Infantil y Colegio Rey Carlos II.

RECOMENDACIONES

1. Según el análisis de la medición e inspección visual del sistema eléctrico en el jardín Infantil, existe una mala distribución de las cargas eléctricas. Por tanto, se recomienda hacer una distribución equitativa de las cargas eléctricas en las tres líneas del sistema.
2. Mejorar la iluminación en los ambientes internos y externos del Jardín Infantil y Colegio Rey Carlos II.
3. Talar los árboles que con su follaje cubren las lámparas de los jardines internos del jardín infantil e impiden que la luz llegue a las áreas que deben ser iluminadas.
4. Instalar más lámparas en las colindancias del Jardín Infantil.
5. Cambiar total o parcialmente, las lámparas y tomacorrientes en mal estado que se encuentra en el edificio, ubicados en diferentes partes como puede.
6. Tomar en cuenta el balance de cargas cuando se quiera hacer una modificación, expansión o agregar un circuito eléctrico.

BIBLIOGRAFÍA

1. BECERRIL L. Diego Onésimo. *Instalaciones Eléctricas Prácticas*. México: Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura del Instituto Politécnico Nacional, 2002. 198 p.
2. BRATU SERBAN, Neagu y CAMPERO LITTLEWOOD, Eduardo. *Instalaciones eléctricas. Conceptos básicos y diseño*. 2a. ed. México: Alfaomega, 1994. 226 p.
3. ENRÍQUEZ HARPER, Gilberto. *El ABC de las instalaciones eléctricas residenciales*. México: Limusa S.A, 2008. 198 p.
4. ————. *Guía Práctica para el Cálculo de Instalaciones Eléctricas*. México: Limusa, 2006. 146 p.
5. KOENIGSBERGER, Rodolfo, *Instalaciones Eléctricas*. Trabajo de graduación de Ingeniería Eléctrica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1982. 110 p.
6. LÓPEZ HERNÁNDEZ, Gonzalo. *Manual para instalaciones eléctricas*. 3a. ed. México: Limusa S.A, 1998. 136 p.
7. RE, Vitorio. *Instalación de puesta a tierra*. Colombia: Marcombo Boixareu editores. S.A, 2008. 186 p.

