



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

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD EN EL AHORRO Y USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA EN  
EL EDIFICIO 1 DEL MINISTERIO DE EDUCACIÓN (MINEDUC) A TRAVÉS DEL MINISTERIO  
DE ENERGÍA Y MINAS (MEM)**

**Matilde Lucrecia Martínez Aguirre**

Asesorado por el Ing. Carlos Alberto Navarro Fuentes

Guatemala, noviembre de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD EN EL AHORRO Y USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA EN  
EL EDIFICIO 1 DEL MINISTERIO DE EDUCACIÓN (MINEDUC) A TRAVÉS DEL MINISTERIO  
DE ENERGÍA Y MINAS (MEM)**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**MATILDE LUCRECIA MARTÍNEZ AGUIRRE**  
ASESORADO POR EL ING. CARLOS ALBERTO NAVARRO FUENTES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA ELECTRICISTA**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Fernando Rodas
EXAMINADOR	Ing. Jorge Luis Pérez Rivera
EXAMINADOR	Ing. Julio Rolando Barrios Archila
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## 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:

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD EN EL AHORRO Y USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA EN EL EDIFICIO 1 DEL MINISTERIO DE EDUCACIÓN (MINEDUC) A TRAVÉS DEL MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS (MEM)**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 2 de marzo 2018.



**Matilde Lucrecia Martínez Aguirre**

Guatemala, 12 de julio de 2019

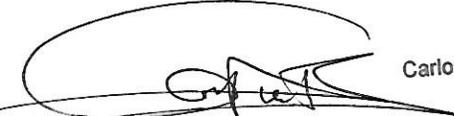
Señor  
Ing. Fernando Moscoso  
Coordinador de Área de Potencia  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable señor coordinador:

Por este medio hago de su conocimiento que he finalizado la revisión del trabajo de graduación de la estudiante Matilde Lucrecia Martínez Aguirre, con título "ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD EN EL AHORRO Y USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA EN EL EDIFICIO 1 DEL MINISTERIO DE EDUCACIÓN (MINEDUC), A TRAVÉS DEL MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS (MEM)", considerando que el mismo cumple a cabalidad de los objetos propuestos al momento de su aprobación.

Por lo tanto, lo remito a su persona para que sirva continuar con el trámite respectivo, además de que tanto el autor, como el suscrito en calidad de ASESOR NOMBRADO, somos responsables del contenido del trabajo de graduación.

Atentamente,

  
Ing. Carlos Alberto Fernando Navarro Fuentes

Carlos Alberto Fernando Navarro Fuentes  
Ingeniero Electricista  
Colegiado 8339

ASESOR



REF. EIME 64. 2019.  
17 de SEPTIEMBRE 2019.

Señor Director  
Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, USAC.

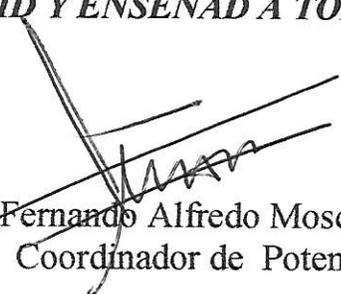
Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado: **ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD EN EL AHORRO Y USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA EN EL EDIFICIO 1 DEL MINISTERIO DE EDUCACIÓN (MINEDUC) A TRAVÉS DEL MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS (MEM)**, de la estudiante; **Matilde Lucrecia Martínez Aguirre**, que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

**Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.**

Atentamente,

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

  
Ing. Fernando Alfredo Moscoso Vira  
Coordinador de Potencia





Guatemala, 26 de septiembre de 2019.  
Ref.EPS.DOC.651.09.19.

Ing. Oscar Argueta Hernández  
Director Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández.

Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), de la estudiante universitaria **Matilde Lucrecia Martínez Aguirre** de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, Registro Académico No. **200113615** y CUI **1659 34441 0101**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD EN EL AHORRO Y USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA EN EL EDIFICIO 1 DEL MINISTERIO DE EDUCACIÓN (MINEDUC) A TRAVÉS DEL MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS (MEM)”**.

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  
Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Eléctrica



c.c. Archivo  
KIER/ra



Guatemala 26 de septiembre de 2019.  
Ref.EPS.D.338.09.19.

Ing. Armando Alonso Rivera Castillo  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Rivera Castillo:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD EN EL AHORRO Y USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA EN EL EDIFICIO 1 DEL MINISTERIO DE EDUCACIÓN (MINEDUC) A TRAVÉS DEL MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS (MEM)"** que fue desarrollado por la estudiante universitaria, **Matilde Lucrecia Martínez Aguirre**, quien fue debidamente asesorada por el Ing. Carlos Alberto Fernando Navarro Fuentes y supervisada 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 Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Oscar Argueta Hernández  
Director Unidad de EPS

/ra





**REF. EIME 65. 2019.**

**El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación de la estudiante: MATILDE LUCRECIA MARTÍNEZ AGUIRRE Titulado; ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD EN EL AHORRO Y USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA EN EL EDIFICIO 1 DEL MINISTERIO DE EDUCACIÓN (MINEDUC) A TRAVÉS DEL MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS (MEM), procede a la autorización del mismo.**

**Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo**



**GUATEMALA, 3 DE OCTUBRE 2019.**



La Decana 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: **ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD EN EL AHORRO Y USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA EN EL EDIFICIO 1 DEL MINISTERIO DE EDUCACIÓN (MINEDUC) A TRAVÉS DEL MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS (MEM)**, presentado por la estudiante universitaria: **Matilde Lucrecia Martínez Aguirre**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrella  
Decana



Guatemala, Noviembre de 2019

AACE/asga  
cc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por ser quien me ha guiado, iluminado y ha abierto las puertas necesarias en mi vida para lograr cada meta y cada sueño.
- Mis padres** Blanca Celia Aguirre Chacón y Marco Antonio Martínez Ortega, por creer en mí siempre y por su apoyo y amor incondicional.
- Mi esposo** Carlos Manuel Boche Leonardo, por ser mi compañero de estudios, de vida y de sueños.
- Mi hija** Bianca Ximena mi nueva fuente de inspiración y fuerza para ser un mejor ejemplo cada día.
- Mis hermanos** Miriam y Estela Deras Aguirre y Fredy y Mynor Martínez Aguirre, por todo su apoyo y especialmente a mi hermana Thelma Martínez Aguirre porque con su ayuda, y compañía no hubiera logrado tanto.
- Mi familia** Porque cada miembro de diferentes maneras han sido una parte importante en mi vida y carrera.

**Mi patria**

Guatemala, la cual espero servir y devolver un poco de lo que he aprendido en esta casa de estudios.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por brindarme la oportunidad de superación.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por ser mi segunda casa y porque siempre estaré orgullosa de haber pertenecido a esta Facultad.
<b>Mis amigos</b>	Flor Morales, Jenny Girón, Mercy Pérez, Patricia Obando, porque de ustedes he aprendido mucho y especialmente mi hermana del alma Lucrecia Xinico, un gran ejemplo de mujer profesional.
<b>Mis asesores</b>	Ing. Carlos Alberto Navarro Fuentes e Ing. Kenneth Estrada.
<b>Ministerio de Energía y Minas</b>	Dirección General de Energía, especialmente al Ing. Gabriel Velásquez, Ing. Luis Lepe y a Christian Samayoa, gracias por todo su apoyo.
<b>Ministerio de Educación</b>	Dirección de Servicios Administrativos, por todo el apoyo brindado, especialmente al Lic. Josué Buenaventura Juárez.

**Ing. Francisco González**

Por todo su apoyo y por ser una importante influencia en mi carrera.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XIII
GLOSARIO .....	XV
RESUMEN .....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN .....	XXIII
1. MINISTERIO DE EDUCACIÓN (MINEDUC) .....	1
1.1. Antecedentes de la institución .....	1
1.2. Reseña histórica .....	1
1.3. Misión .....	3
1.4. Visión.....	3
1.5. Funciones .....	3
1.6. Estructura organizacional .....	5
1.6.1. Organigrama.....	5
1.7. Normativas técnicas .....	7
1.7.1. ISO 50001.....	7
1.7.2. ISO 50002.....	7
2. DIAGNÓSTICO ACTUAL DEL EDIFICIO.....	9
2.1. Ubicación y área del edificio .....	9
2.2. Horario de trabajo .....	10
2.3. Condiciones generales del edificio .....	11
2.4. Diagrama unifilar .....	12

3.	EVALUACIÓN HISTÓRICA DE LOS CONSUMOS ENERGÉTICOS .....	15
3.1.	Consumo de energía eléctrica .....	15
3.2.	Consumo de agua potable .....	18
4.	INVENTARIO DE EQUIPOS .....	21
4.1.	Iluminación .....	22
4.1.1.	Análisis de resultados de iluminación.....	45
5.	HÁBITOS DE CONSUMO.....	49
6.	ANÁLISIS DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA .....	61
6.1.	Análisis de voltaje .....	62
6.1.1.	Voltaje línea 1 – neutro .....	62
6.1.2.	Voltaje línea 2 – neutro .....	63
6.1.3.	Voltaje línea 3 – neutro .....	63
6.1.4.	Voltaje neutro – tierra .....	64
6.1.5.	Voltaje línea 1 – línea 2.....	65
6.1.6.	Voltaje línea 2 – línea 3.....	65
6.1.7.	Voltaje línea 3 – línea 1 .....	66
6.2.	Análisis de corriente .....	66
6.2.1.	Corriente línea 1 .....	67
6.2.2.	Corriente línea 2.....	67
6.2.3.	Corriente línea 3.....	68
6.3.	Análisis de potencia activa total .....	69
6.4.	Curvas de carga .....	70
6.5.	Análisis de factor de potencia .....	72
6.6.	Análisis de armónicos .....	73
6.6.1.	Armónicos de potencia.....	73
6.6.2.	Armónicos de voltaje .....	74

6.6.3.	Armónicos de corriente .....	75
6.7.	Análisis de <i>flickers</i> .....	77
6.8.	Análisis termográfico .....	78
6.8.1.	Sujeto a inspección: tablero principal .....	79
6.8.2.	Sujeto de inspección: tablero bombas .....	81
6.8.3.	Sujeto a inspección: tablero 1 .....	83
6.8.4.	Sujeto a inspección: tablero 5 .....	85
6.8.5.	Sujeto a inspección: tablero 6 .....	87
6.8.6.	Sujeto a inspección: tablero 7 .....	89
6.8.7.	Sujeto a inspección: tablero 8 .....	91
7.	MEDIDAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	93
7.1.	Tecnologías de climatización y aire acondicionado .....	93
7.2.	Tecnologías de equipos eléctricos .....	95
7.3.	Gestión eficiente de recursos .....	97
7.4.	Implementación de energía renovable .....	98
7.5.	Iluminación .....	98
8.	GESTIÓN DE DESECHOS .....	101
8.1.	Plan de recolección y manejo de desechos.....	101
8.1.1.	Objetivo .....	101
8.1.2.	Acciones .....	102
9.	PROYECCIÓN DE CONSUMOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA .....	107
9.1.	Análisis económico proyectado .....	109
10.	ANÁLISIS ECONÓMICO DE AHORROS ENERGÉTICOS.....	111
10.1.	Simulación de ahorro energético con tecnología led .....	111
10.2.	Buenas prácticas y hábitos de consumo .....	126

11. EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO .....	133
CONCLUSIONES.....	135
RECOMENDACIONES .....	137
BIBLIOGRAFÍA.....	139
APÉNDICES.....	141
ANEXOS.....	145

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Asilo de convalecientes Estrada Cabrera.....	2
2.	Organigrama .....	6
3.	Edificio actual del Ministerio de Educación .....	9
4.	Vista aérea del Ministerio de Educación .....	10
5.	Diagrama unifilar edificio 1 Ministerio de Educación .....	13
6.	Histórico de consumo energético .....	17
7.	Histórico y proyección de consumo de agua potable del contador 40140185 .....	20
8.	Histórico y proyección de consumo de agua potable del contador 17869.....	20
9.	Distribución de consumos de energía eléctrica.....	22
10.	Medición de luxes en áreas de trabajo.....	47
11.	Eficiencia de luminarias en áreas de trabajo.....	48
12.	Pregunta 2. ¿Cuál es su horario regular de trabajo? .....	51
13.	Pregunta 3. ¿Al salir de una habitación acostumbra a apagar las luces?.....	51
14.	Pregunta 4. ¿Cuál considera que es el mayor problema en el sistema eléctrico en su oficina? .....	52
15.	Pregunta 5. ¿Utiliza usted la opción de ahorro de energía? .....	52
16.	Pregunta 6. ¿Qué equipos utiliza con ahorro de energía? .....	53
17.	Pregunta 7. ¿En qué rango de horario enciende su computadora durante el día? .....	53
18.	Pregunta 8. ¿A qué hora suele apagar su computadora?.....	54

19.	Pregunta 9. Si pasan largos períodos de tiempo sin usar su computadora, usualmente usted:.....	54
20.	Pregunta 10. ¿En su oficina se utiliza el aire acondicionado? .....	55
21.	Pregunta 11. ¿A qué temperatura se mantiene el termostato del aire acondicionado normalmente? .....	55
22.	Pregunta 12. ¿Se suele mantener las puertas y ventanas abiertas mientras se utiliza el aire acondicionado .....	56
23.	Pregunta 13. ¿Qué aparatos diría usted que permanecen enchufados después de la jornada laboral? .....	56
24.	Pregunta 14. ¿Imprime a doble cara y en blanco y negro cuando es posible? .....	57
25.	Pregunta 15. ¿Conoce usted algún plan de ahorro energético para su lugar de trabajo? .....	57
26.	Pregunta 16. ¿Separa los residuos para reciclar? .....	58
27.	Pregunta 17. ¿Vería positivo que se utilice una tecnología de energía renovable para suministrar energía a las oficinas? .....	58
28.	Pregunta 18. ¿Estaría de acuerdo con que se realicen campañas informáticas como parte de un plan de ahorro energético? .....	59
29.	Pregunta 19. ¿Estaría dispuesto a cambiar algunos hábitos de consumo para reducir el gasto de energía total el edificio? .....	59
30.	Gráfica de potencia activa total para la semana del 16 al 23 de enero 2018.....	70
31.	Curva de carga del lunes 22 de enero 2018 .....	71
32.	Histograma de armónicos de potencia THD, 3ra. 5ta. y 7ma. ....	74
33.	Histograma de armónicos de voltaje THD, 3ra. 5ta. y 7ma.....	75
34.	Histograma de armónicos de corriente THD, 3ra. 5ta. y 7ma. ....	76
35.	Medición de <i>flickers</i> .....	77
36.	Imagen termográfica vrs. imagen normal del tablero principal.....	79
37.	Imagen 3D-IR del tablero principal.....	80

38.	Imagen termográfica vrs. imagen normal del tablero de bombas.....	81
39.	Imagen 3D-IR del tablero de bombas.....	82
40.	Imagen termográfica vrs. imagen normal del tablero 1 .....	83
41.	Imagen 3D-IR del tablero 1 .....	84
42.	Imagen termográfica vrs. imagen normal del tablero 5 .....	85
43.	Imagen 3D-IR del tablero 5 .....	86
44.	Imagen termográfica vrs. imagen normal del tablero 6 .....	87
45.	Imagen 3D-IR del tablero 6 .....	88
46.	Imagen termográfica vrs. imagen normal del tablero 7 .....	89
47.	Imagen 3D-IR del tablero 7 .....	90
48.	Imagen termográfica vrs. imagen normal del tablero 8 .....	91
49.	Imagen 3D-IR del tablero 8 .....	92
50.	Costo estimado por consumo de energía eléctrica .....	109
51.	Costo estimado de energía eléctrica para el 2032 .....	110
52.	Simulación y cálculo de luxes en sala estándar del edificio 1 del Ministerio de Educación. ....	113
53.	Simulación y cálculo de luxes en sala estándar utilizando la propuesta de opción 1 .....	115
54.	Simulación y cálculo de luxes en sala estándar utilizando la propuesta de opción 2.....	119
55.	Comparación de proyecciones mensuales por consumo de energía eléctrica en kWh incluyendo opción 1 y 2 .....	124
56.	Comparación de proyecciones anuales por consumo de energía eléctrica en kWh incluyendo opción 1 y 2 .....	125
57.	Comparación de proyecciones anuales proyectadas al 2032, por costo económico en quetzales por consumo de energía eléctrica incluyendo opción 2.....	125

58.	Comparación de proyecciones mensuales proyectadas para el 2032, por costo económico en quetzales por consumo de energía eléctrica incluyendo opción 2.....	126
59.	Cuadro comparativo de ahorro al implementar buenas prácticas.....	127
60.	Comparativo de proyecciones mensual de consumo energético proyectado al 2032 basado en históricos, mediciones y aplicando las medidas de ahorro .....	128
61.	Comparativo de proyecciones mensual de costos por consumo energético proyectado al 2032 basado en históricos, mediciones y aplicando las medidas de ahorro .....	129
62.	Comparativo de proyecciones de consumo energético proyectado al 2032 basado en históricos, mediciones y aplicando las medidas de ahorro .....	130
63.	Comparativo de proyecciones de costo por consumo energético anuales, proyectado al 2032 basado en históricos, mediciones y aplicando las medidas de ahorro .....	131
64.	Comparativo de la Emisión de Gases de Efecto invernadero en las condiciones actuales y con las medidas de ahorro energético .....	134

## **TABLAS**

I.	Datos de servicio de energía .....	15
II.	Consumo energético 2016.....	16
III.	Consumo energético 2017.....	16
IV.	Consumo energético 2018.....	17
V.	Consumo de agua potable del contador 40140185 .....	18
VI.	Consumo de agua potable del contador 17869 .....	19
VII.	Inventario de equipos de consumo eléctrico.....	21
VIII.	Datos de luminarias y lámparas obtenidos .....	23

IX.	Regulación de encendido y apagado, manejo y deficiencias de luz ....	25
X.	Luxes sala 1 .....	27
XI.	Luxes sala 3 .....	27
XII.	Luxes sala 4 .....	28
XIII.	Luxes sala 5 .....	28
XIV.	Luxes sala 6 .....	29
XV.	Luxes sala 7 .....	29
XVI.	Luxes sala 8 .....	30
XVII.	Luxes sala 9 .....	30
XVIII.	Luxes sala 10 .....	31
XIX.	Luxes sala 11 .....	32
XX.	Luxes calidad educativa .....	32
XXI.	Luxes educación bilingüe .....	33
XXII.	Luxes administración educativa .....	33
XXIII.	Luxes despacho viceministro .....	34
XXIV.	Luxes despacho superior .....	34
XXV.	Luxes sala 17 y sala 18 .....	35
XXVI.	Luxes sala 20 .....	36
XXVII.	Luxes sala 21 .....	37
XXVIII.	Luxes sala 22 .....	38
XXIX.	Luxes sala 23 .....	39
XXX.	Luxes sala 25 .....	40
XXXI.	Luxes atención al ciudadano .....	41
XXXII.	Luxes unidad de información pública .....	41
XXXIII.	Luxes quejas .....	41
XXXIV.	Luxes <i>call center</i> .....	42
XXXV.	Resumen de luxes y eficiencia lumínica por áreas .....	43
XXXVI.	Resumen eficiencia total de luminarias .....	45
XXXVII.	Resumen de respuestas de encuesta .....	49

XXXVIII.	Descripción de ramales conectados al tablero principal .....	61
XXXIX.	Resumen de medición de voltaje de línea 1 a neutro .....	63
XL.	Resumen de medición de voltaje de línea 2 a neutro .....	63
XLI.	Resumen de medición de voltaje de línea 3 a neutro .....	64
XLII.	Resumen de medición de voltaje de neutro a tierra .....	64
XLIII.	Resumen de mediciones de voltaje de línea 1 a línea 2 .....	65
XLIV.	Resumen de mediciones de voltaje de línea 2 a línea 3 .....	66
XLV.	Resumen de mediciones de voltaje de línea 3 a línea 1 .....	66
XLVI.	Resumen de medición de corriente en la línea 1 .....	67
XLVII.	Resumen de medición de corriente en la línea 2 .....	68
XLVIII.	Resumen de medición de corriente en la línea 3 .....	68
XLIX.	Resumen de medición de potencia total .....	69
L.	Resumen de medición de factor de potencia .....	72
LI.	Información de la imagen termográfica tablero principal.....	80
LII.	Información de la imagen termográfica tablero de bombas .....	82
LIII.	Información de la imagen termográfica tablero 1 .....	84
LIV.	Información de la imagen termográfica tablero 5 .....	86
LV.	Información de la imagen termográfica tablero 6 .....	88
LVI.	Información de la imagen termográfica tablero 7 .....	90
LVII.	Información de la imagen termográfica tablero 8 .....	92
LVIII.	Materia prima más utilizada en el edificio .....	102
LIX.	Aplicación de basureros según su color .....	104
LX.	Clasificación de basureros y su disposición final .....	105
LXI.	Proyección de consumo de energía eléctrica en un día laboral.....	107
LXII.	Proyección de consumo de energía eléctrica en un día de descanso o asueto.....	108
LXIII.	Proyección de energía eléctrica a partir de septiembre 2018 a diciembre 2032, basado en las mediciones realizadas.....	108

LXIV.	Comparación iluminación actual tipo fluorescente con la iluminación propuesta tipo led.....	114
LXV.	Inventario de luminarias actuales y las propuestas .....	116
LXVI.	Descripción de costos de inversión.....	116
LXVII.	Cuadro comparativo entre el costo mensual proyectado y el costo aplicando el cambio de opción 1 .....	117
LXVIII.	Comparación de iluminación actual tipo fluorescente con la propuesta de opción 2.....	118
LXIX.	Inventario de luminarias actuales y propuesta de opción 2.....	120
LXX.	Descripción costos de inversión.....	121
LXXI.	Cuadro comparativo entre el costo mensual proyectado y el costo aplicando el cambio de opción 2 .....	122
LXXII.	Análisis de retorno de inversión de ambas opciones .....	123
LXXIII.	Análisis económico de ahorro por buenas prácticas .....	127



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>BT</b>	Baja tensión
<b>bp</b>	Buenas prácticas
<b>I</b>	Corriente
<b>AC</b>	Corriente alterna
<b>Led</b>	Diodo emisor de luz
<b><math>\rho</math></b>	Grado de reflexión
<b>G</b>	<i>Ground</i>
<b>HC</b>	Huella de carbono
<b><math>E_m</math></b>	Intensidad lumínica media
<b>kW</b>	Kilowatt
<b>kWh</b>	Kilowatt hora
<b>LGE</b>	Ley general de energía
<b>LV</b>	Línea viva
<b>LCD</b>	<i>Liquid cristal display</i>
<b>Lm</b>	Lumen
<b>Lx</b>	Lux
<b>NEC</b>	<i>National electrical code</i>
<b>N</b>	Neutro
<b>NTSD</b>	Normas técnicas del servicio de distribución
<b>P</b>	Potencia
<b>Vrms</b>	<i>Root mean square voltage</i>
<b>SGEn</b>	Sistemas de gestión de energía
<b>UPS</b>	<i>Uninterruptible power supply</i>

**V**

Voltaje

## GLOSARIO

<b>Acometida</b>	En instalaciones eléctricas se le llama acometida a la derivación desde la red de distribución de la empresa suministradora hacia la edificación o propiedad donde se hará uso de la energía eléctrica.
<b>DGE</b>	La Dirección General de Energía es la dependencia que tiene bajo su responsabilidad el estudio, fomento, control, supervisión, vigilancia técnica y fiscalización del uso técnico de la energía de conformidad con el Decreto número 57-78 del Congreso de la República de Guatemala (ley de creación del Ministerio de Energía y Minas) y sus reformas, y la Ley General de Electricidad contenida en el Decreto 93-96 del Congreso de la República de Guatemala y la ley para el control, uso y aplicación de radioisótopos y radiaciones ionizantes Decreto ley número 11-86.
<b>Huella de carbono</b>	Un índice de eficiencia energética en términos de energía y emisiones de gases de efecto invernadero contabilizado a partir de CO <sub>2</sub> .
<b>Led</b>	Diodo emisor de luz es una tecnología construida a base de dispositivos semiconductores capaces de

emitir luz de determinado color ante la excitación por corriente eléctrica.

**Ley General de Energía**

Es la que norma el desarrollo del conjunto de actividades de generación, transporte, distribución y comercialización de electricidad.

**Línea viva**

Es denominado así a cualquier conductor conectado con un sistema que tiene un potencial eléctrico con respecto a una toma de tierra o neutro.

**LCD**

Pantalla electrónica en donde se puede mostrar información con caracteres muy particulares como los Kanjis (letras japonesas).

**Lumen**

Es la unidad del sistema internacional de medidas para medir el flujo luminoso, una medida de la potencia luminosa emitida por la fuente.

**Lux**

Es la unidad derivada del sistema internacional de unidades para la iluminancia o nivel de iluminación.

**NEC**

El código eléctrico nacional sigue los reglamentos y normas para la instalación de cableado en edificaciones.

**Neutro**

Punto de referencia eléctrica que sirve para las corrientes de retorno que pasan a través de un conductor determinado.

<b>Sistema monofásico</b>	Es un sistema eléctrico monofásico es un sistema de producción, distribución y consumo de energía eléctrica formado por una única corriente alterna o fase y por lo tanto todo el voltaje varía de la misma forma. La distribución monofásica de la electricidad se suele usar cuando las cargas son principalmente de iluminación y de calefacción y para potencia pequeña.
<b>Sistema trifásico</b>	Un sistema eléctrico trifásico es un sistema de producción, distribución y consumo de energía eléctrica formado por tres corrientes alternas monofásicas de igual frecuencia y amplitud (y por consiguiente valor eficaz), que presentan una diferencia de fase entre ellas de $120^\circ$ eléctricos, y están dadas en un orden determinado. Cada una de las corrientes monofásicas que forman el sistema se designa con el nombre de fase.
<b>SGEn</b>	Un sistema de gestión de energía es un conjunto de elementos de una organización que están relacionados y que interactúan entre si, con la finalidad de asegurar una mejora continua en el uso de la energía a través de procedimientos y métodos bien establecidos.
<b>Tierra</b>	Red física de baja resistencia eléctrica, empleada para conducir hacia ella las corrientes elevadas que se producen por fallas eléctricas de distintas índoles

## **UPS**

Es una fuente de suministro eléctrico que contiene una batería la cual se encarga de seguir dando energía a un dispositivo en el caso de una interrupción eléctrica. Los UPS son llamados en español SAI (Sistema de Alimentación Ininterrumpida).

## RESUMEN

Un estudio de eficiencia energética y calidad de energía es básicamente una serie de mediciones periódicas de los valores de corriente, voltaje y potencia de una red de instalación eléctrica que puede ser de un edificio, una planta industrial o incluso de una casa, para evaluar las condiciones de la red eléctrica, y de esta manera se monitorea la calidad de la energía y se cuantifican las pérdidas para conocer en qué medida se puede mejorar la calidad de energía y que medidas deben aplicarse mediante una política energética.

En el caso del presente trabajo, se realizó el estudio en el edificio 1 del Ministerio de Educación, iniciando con una inspección visual de las instalaciones eléctricas desde el cuarto de máquinas, panel principal, ramales, red de tierras, luminarias y equipos eléctricos y electrónicos instalados; en el caso de luminarias se contabilizó el total de luminarias instaladas y se realizaron mediciones de lúmenes incidentes en cada área de trabajo con el fin de analizar si, el nivel de iluminación, estaba acorde a los niveles mínimos requeridos.

Asimismo, se contabilizó la cantidad de equipos instalados para determinar la carga total del edificio y todos estos datos se tabularon para posteriormente analizarlos junto a los resultados de las mediciones obtenidas por el analizador de calidad de energía eléctrica, el cual se mantuvo conectado a la red durante una semana para que, de esta manera, se obtuvieran mediciones de plena carga, carga nominal y carga en días de descanso.

Luego, con base en los resultados obtenidos se creó una política energética que propone el cambio de algunas tecnologías para optimizar el consumo de la energía y un mejor rendimiento energético, asimismo, se realizó el análisis económico de la viabilidad de las propuestas.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Crear una política energética que permita el uso racional y eficiente de la energía en el edificio 1 del Ministerio de Educación; mediante una evaluación de las instalaciones actuales, monitoreo de parámetros eléctricos básicos y un análisis detallado de los resultados, para detectar problemas y proponer tecnologías que permitan un mejor rendimiento.

### **Específicos**

1. Evaluar el estado actual de las instalaciones eléctricas.
2. Realizar un levantamiento de planos de las instalaciones que no posean una actualización de estos si los hubiese previos a cualquier renovación realizada.
3. Monitorear los parámetros eléctricos básicos, así como la utilización de técnicas de termografía, para realizar un análisis que permita detectar problemas en la red y ubicar posibles puntos de calentamiento.
4. Proponer tecnologías que permitan un mejor rendimiento energético.
5. Realizar un estudio de viabilidad económica para verificar la rentabilidad de las propuestas de mejora.



## INTRODUCCIÓN

A pesar de todos los avances que esta sociedad ha tenido, parece ser que muchos aún no son plenamente conscientes de la cantidad de energía que se desperdicia a diario, en los hogares, en el trabajo, en la vida diaria; sin embargo, como seres humanos es un deber cuidar los recursos y reducir el consumo desmedido de los mismos.

El ente encargado de velar por que los recursos energéticos del país sean utilizados de manera eficiente es el Ministerio de Energía y Minas, por lo que esta entidad ha visto la necesidad de realizar estudios de calidad de energía y de eficiencia energética en los diferentes edificios del estado, ya que muchos de ellos se encuentran ubicados en edificaciones antiguas y cuyas instalaciones eléctricas ya se encuentran en estado deplorable, lo cual repercute en pérdidas enormes de energía y por consiguiente económicas para el país.

Uno de los edificios con mayor problema debido a su antigüedad y valor histórico, es el edificio 1 del Ministerio de Educación ubicado sobre la Avenida Reforma y sexta calle, y el cual es el objeto de estudio en el presente trabajo, ya que allí se realizaron los estudios correspondientes mediante mediciones periódicas de los parámetros energéticos básicos, utilizando para ello aparatos de medición especializados, tales como analizadores de energía eléctrica, cámaras termográficas y luxómetros, para obtener los datos del estado actual de las instalaciones eléctricas y del consumo, ya sea eficiente o no, que estas producen, y basados en esos datos se creó una política energética implementando mejoras en los sistemas de iluminación, aire acondicionado, control de equipos instalados y control de cambios en las instalaciones.



# **1. MINISTERIO DE EDUCACIÓN (MINEDUC)**

## **1.1. Antecedentes de la institución**

El ministerio de Educación en sus inicios fue creado como Ministerio de Instrucción Pública, el 18 de julio de 1872, bajo el mandato del presidente de facto, Miguel García Granados; y estuvo a cargo del Licenciado José Miguel Vasconcelos. Dentro de sus primeros logros se encuentra la institución de la educación primaria gratuita obligatoria, el 2 de enero de 1875 y el 16 de febrero de ese mismo año, se publica la Ley Orgánica de Segunda Enseñanza, decretando los estudios a nivel secundario para la obtención del título de Bachiller en Ciencias y Letras.

Más tarde, el General Justo Rufino Barrios fue el presidente que puso en marcha una serie de reformas educativas tales como la institución de enseñanza laica en los establecimientos educativos, así como la expropiación de bienes al clero, que luego fueron utilizados como escuelas e institutos; estos movimientos fueron ejecutados bajo la supervisión de los hondureños Marco Aurelio Soto y Ramón Sosa quienes eran los encargados del despacho de educación. Y es a partir de esos eventos que el Ministerio de Educación fue evolucionando hasta lo que se conoce hoy en día.

## **1.2. Reseña histórica**

Inicialmente, en el sitio donde se encuentra actualmente el MINEDUC, durante la administración del General José María Reina Barrios, se construyó el

edificio que se observa en la foto, el cual fue utilizado como salón exposiciones de la Exposición Centroamericana, en 1901.

Figura 1. **Asilo de convalecientes Estrada Cabrera**



Fuente: ARÉVALO MARTÍNEZ, Rafael. *Ecce Pericles*. Consulta: mayo de 2019.

Más tarde en 1904, durante el período del expresidente Manuel Estrada Cabrera, el terreno fue donado por la familia Samayoa Ayau, para fundar, en ese mismo edificio el asilo de convalecientes Estrada Cabrera, el cual en 1907 se convirtió en maternidad Joaquina Cabrera esposa del expresidente y más adelante en el Hospital Militar. Sin embargo, las edificaciones iniciales sufrieron serios daños en los terremotos de 1917 y 1918, y después del derrocamiento del presidente Estrada Cabrera el terreno entra en litigio ya que sus antiguos dueños querían recuperarlo, pero en 1928 dicho terreno pasa finalmente a posesión del Estado.

A pesar del litigio el presidente Orellana en 1924 ordena la construcción en ese terreno de un nuevo edificio para la Escuela de Artes y Oficios, la cual es inaugurada finalmente en 1928 por el presidente Manuel Lázaro Chacón. Luego en 1949 el edificio es utilizado como Instituto Industrial Tecún Umán y no fue sino hasta 1997 que el Ministerio de Educación se concentra en un solo lugar y para ello se reubica en las instalaciones de este edificio, y es allí donde se encuentran actualmente. Por todo lo anterior, este edificio forma parte del legado histórico de Guatemala y fue declarado monumento nacional por el Instituto de Antropología e Historia.

### **1.3. Misión**

El Ministerio de Educación es una institución evolutiva, organizada, eficiente y eficaz, que tiene como objetivo generar oportunidades de enseñanza-aprendizaje, orientada a resultados, y que aprovecha diligentemente las oportunidades que el siglo XXI le brinda, además, comprometida con una Guatemala mejor.

### **1.4. Visión**

Formar ciudadanos con carácter, capaces de aprender por sí mismos, orgullosos de ser guatemaltecos, empeñados en conseguir su desarrollo integral, con principios, valores y convicciones que fundamentan su conducta.

### **1.5. Funciones**

De acuerdo con el artículo 33 de la Ley del Organismo Ejecutivo, el Ministerio de Educación de Guatemala, debe cumplir con las siguientes funciones:

- Formular y administrar la política educativa, velando por la calidad y la cobertura de la prestación de los servicios educativos públicos y privados, todo ello de conformidad con la ley.
- Coordinar con el Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda las propuestas para formular y poner en vigor las normas técnicas para la infraestructura del sector.
- Velar porque el sistema educativo y del Estado contribuya al desarrollo integral de la persona, con base en los principios constitucionales de respeto a la vida, la libertad, la justicia, la seguridad y la paz y al carácter multiétnico, pluricultural y multilingüe de Guatemala.
- Coordinar esfuerzos con las universidades y otras entidades educativas del país, para lograr el mejoramiento cualitativo del sistema educativo nacional.
- Coordinar y velar por el adecuado funcionamiento de los sistemas nacionales de alfabetización, planificación educativa, investigación, evaluación, capacitación de docentes y personal magisterial, y educación intercultural ajustándolos a las diferentes realidades regionales y étnicas del país.
- Promover la autogestión educativa y la descentralización de los recursos económicos para los servicios de apoyo educativo mediante la organización de comités educativos, juntas escolares y otras modalidades en todas las escuelas oficiales públicas; así como aprobados sus estatutos y reconocer su personalidad jurídica.

- Administrar en forma descentralizada y subsidiaria los servicios de elaboración, producción e impresión de textos, materiales educativos y servicios de apoyo a la prestación de los servicios educativos.
- Formular la política de becas y administrar descentralizadamente el sistema de becas y bolsas de estudio que otorga el Estado.

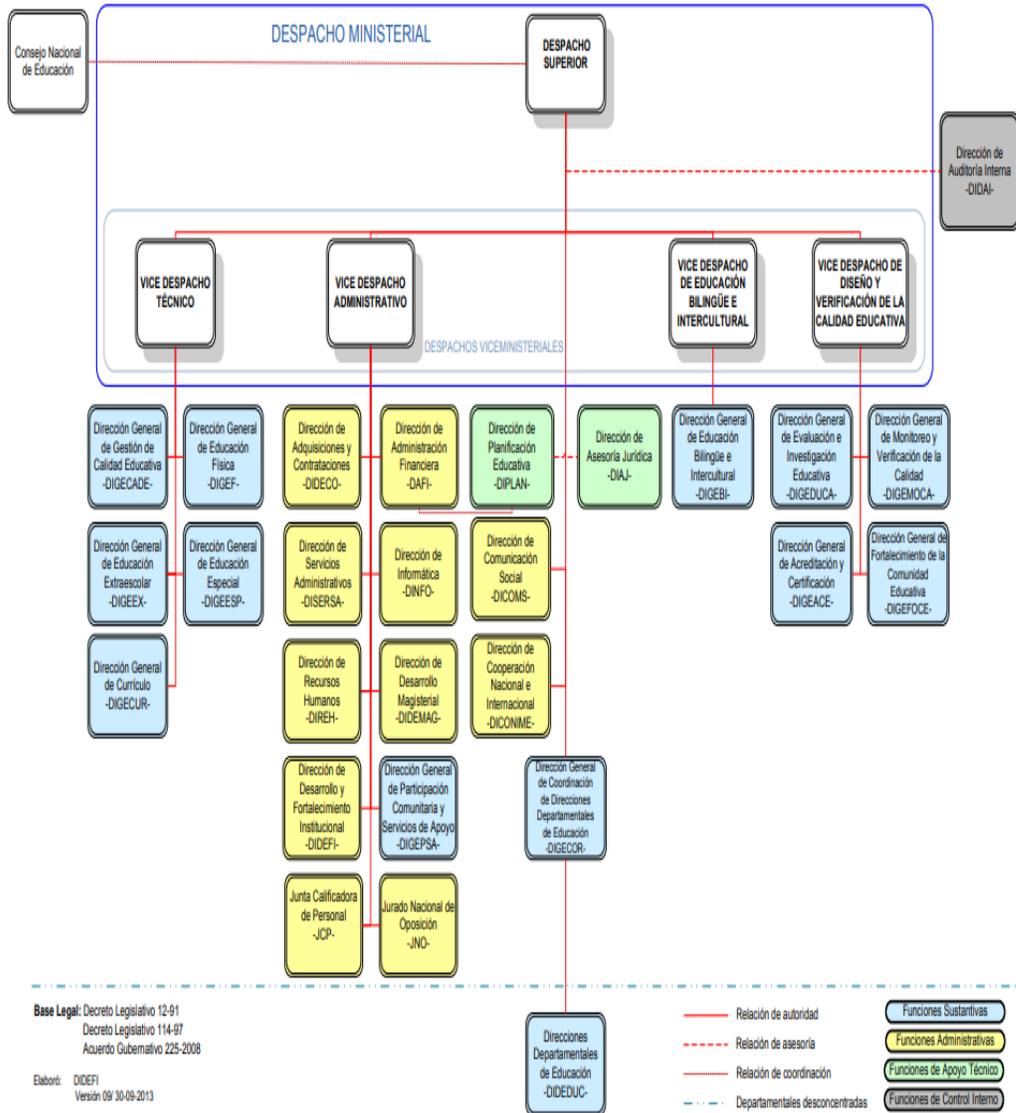
## **1.6. Estructura organizacional**

El Ministerio de Educación tiene diferentes dependencias que, en su mayoría, se encuentran distribuidas en los edificios 1 y 2.

### **1.6.1. Organigrama**

En la figura 2 se puede observar gráficamente las dependencias que conforman la estructura organizacional del Ministerio de Educación, separadas de acuerdo con el tipo de funciones que realizan, las cuales pueden ser sustantivas, administrativas, de apoyo técnico y de control interno. Asimismo, se muestra las relaciones entre ellas, que pueden ser de autoridad, de asesoría, de coordinación y en algunos casos departamentales desconcentradas.

Figura 2. Organigrama



Fuente: *MINEDUC, Organigrama Mineduc*. [www.mineduc.gov.gt/portal/index.asp](http://www.mineduc.gov.gt/portal/index.asp). Consulta: mayo de 2019.

## **1.7. Normativas técnicas**

Existen dos normas aprobadas por el organismo internacional de estandarización que se utilizan como guía en una auditoría energética y son las ISO 50001 y la ISO 50002.

### **1.7.1. ISO 50001**

Esta norma fue creada con la finalidad de beneficiar todo tipo de entidades tanto del sector público como privado, del sector de manufactura y el de servicios; y para ello proporciona a las organizaciones los requisitos necesarios para que los sistemas de gestión de energía (SGEn) sean eficientes.

### **1.7.2. ISO 50002**

En este caso, esta norma especifica los requisitos mínimos del proceso de realización de una auditoría energética para la identificación de oportunidades que permitan hacer más eficiente la utilización de recursos energéticos.



## 2. DIAGNÓSTICO ACTUAL DEL EDIFICIO

A continuación, se realiza una breve descripción de cómo se encuentran las instalaciones del edificio del Ministerio de Educación actualmente, según lo que se pudo observar.

### 2.1. Ubicación y área del edificio

Las instalaciones centrales del Ministerio de Educación se encuentran, a la fecha, ubicadas en la 6ª. Calle 1-87 zona 10 de la ciudad de Guatemala, sobre la Avenida Reforma, vista que se muestra en la figura 3.

Figura 3. **Edificio actual del Ministerio de Educación**



Fuente: *edificio actual del Ministerio de Educación*. [www.dca.gob.gt](http://www.dca.gob.gt). Consulta: mayo de 2019.

El edificio cuenta con una entrada peatonal sobre la 6ª. Calle y una entrada vehicular sobre la 2ª. Avenida. La figura 4 muestra la ubicación vista satelital utilizando *Google Maps*.

Figura 4. **Vista aérea del Ministerio de Educación**



Fuente: elaboración propia.

## 2.2. Horario de trabajo

El horario de actividades en el Ministerio de Educación comienza a las 9:00 horas y culmina a las 17:30 horas por lo general, aunque puede oscilar en un rango de 2 horas debido a que en algunos casos el personal comienza labores a las 7:00 de la mañana, sin embargo, esto no afecta de forma considerable el consumo general. Es importante conocer el horario de labores del edificio para poder estudiar el comportamiento esperado de las cargas.

### **2.3. Condiciones generales del edificio**

Las instalaciones del edificio antiguo han sufrido bastantes cambios con los años y en la mayoría de los casos estos cambios no son reportados por lo que no se cuenta con ningún plano que indique la situación actual de las instalaciones eléctricas del edificio. Como primer paso se llevó a cabo una inspección visual de las instalaciones y se pudo observar lo siguiente:

- El edificio es de construcción de hormigón sólido, bases y columnas de fundición en sitio.
- La estructura es de estilo antiguo por lo que consta de una sola planta.
- Puertas y ventanas en su mayoría de vidrio con marco de madera.
- Piso cerámico en la mayoría de las salas que han sido colocado recientemente.
- Piso original en algunas áreas tales como despachos.
- La iluminación es en la mayoría de las salas, lámparas fluorescentes de tipo ahorradoras y en otros casos tubo tipo U dobles, en muchos casos las luminarias están mezcladas ya que han sido cambiadas conforme se han ido quemando.
- En algunos casos dependencias han realizado modificaciones con presupuestos propios, por lo que se pudo observar la colocación de lámparas tipo led colocadas al azar o en el cambio total de lámparas fluorescentes a lámparas led como es el caso de Informática, sin embargo, no se realizó estudio de iluminación previo para dimensionar nuevamente la cantidad necesaria de luminarias.
- Las luminarias cuentan con difusor acrílico blanco, y no se les ha dado el mantenimiento adecuado ya que con el paso del tiempo el polvo acumulado no permite una iluminación óptima, asimismo, la altura de las

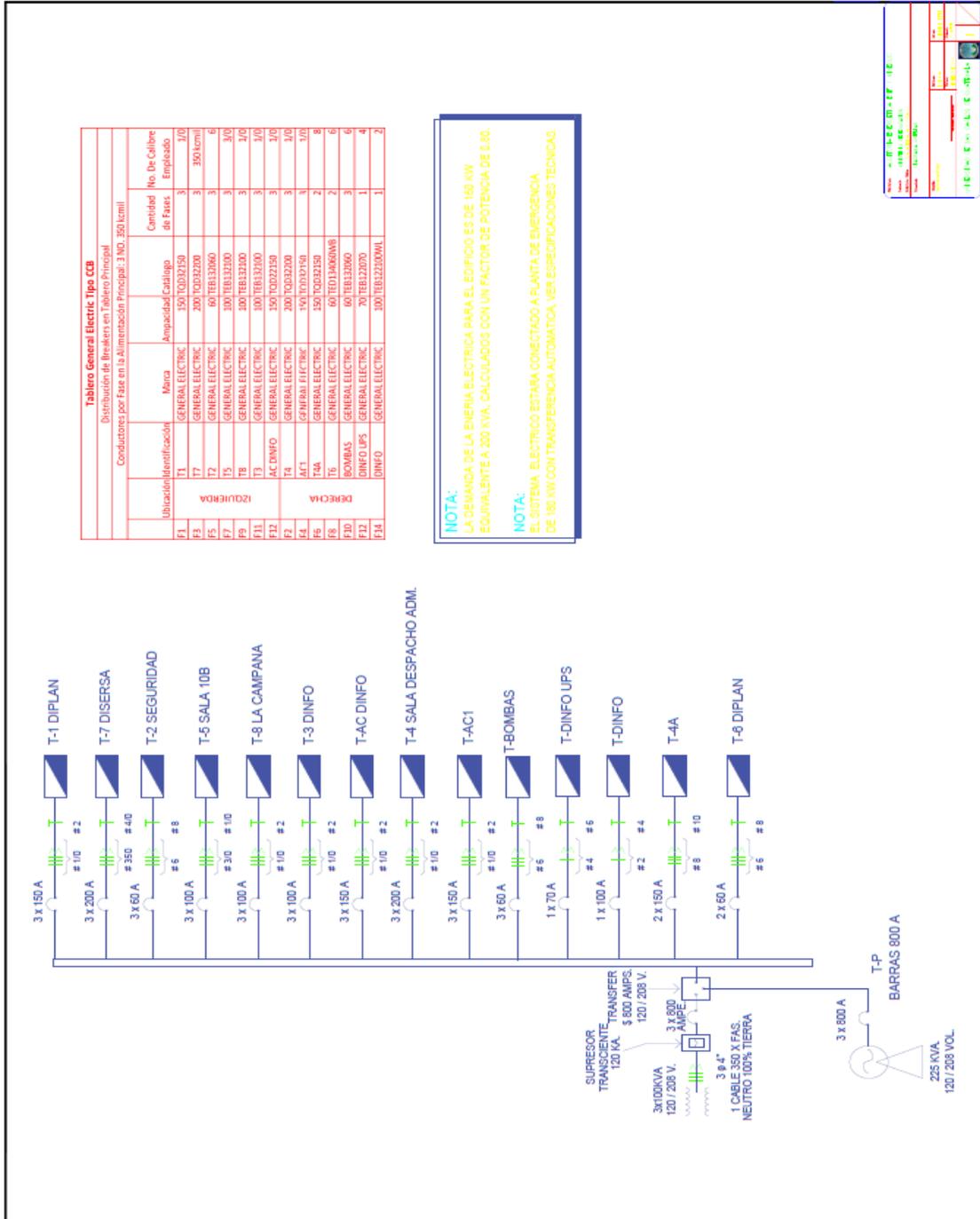
luminarias (4 metros) es decir 3 metros por encima del área de trabajo hace deficiente la cantidad de luxes.

- No existe un aprovechamiento real de la iluminación natural ya que en la mayoría de las salas existen ventanas de gran tamaño las cuales son cubiertas con papel u otros objetos.
- También se pudo observar un problema con los circuitos de fuerza, ya que muchas oficinas han sido renovadas y les han colocado regletas con tomacorrientes adicionales a los de pared con los que ya contaba el edificio.
- Los circuitos en los tableros no se encuentran identificados.
- Algunos de los sistemas de aire acondicionado instalados no son utilizados, y los otros, que, si son usados, no se utilizan de forma correcta; haciendo todo el sistema ineficiente.
- El edificio cuenta con las modificaciones necesarias para accesibilidad universal y no discriminación a personas con discapacidad para los accesos y utilización de las instalaciones.
- El suministro de agua potable es constante y se observó buena presión.

#### **2.4. Diagrama unifilar**

En la actualidad no se cuenta con planos de las instalaciones eléctricas por lo que el diagrama de la figura 5 se realizó según lo que se pudo observar en las visitas realizadas.

Figura 5. Diagrama unifilar edificio 1 Ministerio de Educación



Fuente: elaboración propia.



### 3. EVALUACIÓN HISTÓRICA DE LOS CONSUMOS ENERGÉTICOS

El análisis histórico de consumo se basa en la evaluación de la facturación emitida cada mes por la empresa que distribuye el recurso a la institución, en este caso los más importantes son los consumos energéticos y los consumos de agua potable.

#### 3.1. Consumo de energía eléctrica

Principal: servicio y tarifa en BT que viene alimentado desde una red de media tensión de 14,8 kV hasta una subestación eléctrica compuesta por 3 transformadores de 100 kVA cada uno, para un total de 300 kVA.

Tabla I. Datos de servicio de energía

Medidor (Contador)	<b>J-38574</b> (hasta septiembre 2016)	<b>P-01994</b> (hasta junio 2017)	<b>K-22813</b> (a partir de julio 2017)
Tarifa	Demanda mayor fuera de punta	Demanda mayor fuera de punta	Demanda mayor fuera de punta
Voltaje	120/208	120/208	120/208
Fases y Configuración tablero principal	Trifásico en Y	Trifásico en Y	Trifásico en Y

Fuente: elaboración propia.

Este servicio es el que distribuye energía eléctrica al edificio más antiguo o edificio 1, en el Ministerio de Educación, ubicado sobre la Avenida Reforma y ha

registrado un consumo promedio mensual durante el 2017 de 33 992 kWh, esto equivale a un monto de Q35 114,15 promedio por mes, únicamente en concepto de energía eléctrica.

**Tabla II. Consumo energético 2016**

MES - AÑO	ene-16	feb-16	mar-16	abr-16	may-16	jun-16	jul-16	ago-16	sep-16	oct-16	nov-16	dic-16
Costo kWh	Q 0,701651	Q 0,679728	Q 0,679728	Q 0,679728	Q 0,687163	Q 0,687163	Q 0,687163	Q 0,685923	Q 0,685923	Q 0,685923	Q 0,654062	Q 0,654062
Consumo kWh	26 960	29 200	32 160	32 160	33 200	36 160	34 080	34 560	35 040	32 560	34 480	34 480
Costo de energía	Q 18 916,51	Q 19 848,06	Q 21 860,05	Q 21 860,05	Q 22 813,81	Q 24 847,81	Q 23 418,52	Q 23 705,50	Q 24 034,74	Q 22 333,65	Q 22 552,06	Q 22 552,06
Incumplimiento NTSD	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -
Potencia max kW	81,6	77,6	80	96	107,2	110,4	106,4	108	110,4	98,4	108	108
Potencia Contratada kW	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156
Costo por Potencia Max. (Q)	Q 27,225061	Q 27,228615	Q 27,228615	Q 27,228615	Q 27,205750	Q 27,205750	Q 27,205750	Q 27,203517				
Costo por Potencia Contratada (Q)	Q 12,046060	Q 12,150456	Q 12,084879									
Costo por tasa Municipal (Q)	Q 3 096,31	Q 3 206,53	Q 3 476,58	Q 3 533,22	Q 3 696,53	Q 3 972,27	Q 3 772,32	Q 3 815,30	Q 3 866,59	Q 3 603,01	Q 3 665,35	Q 3 665,35
Cargo fijo por cliente (Q)	Q 800,54	Q 809,14	Q 819,74									
<b>Total factura (con IVA) (Q)</b>	<b>Q 29 772,25</b>	<b>Q 30 832,01</b>	<b>Q 33 428,68</b>	<b>Q 33 973,26</b>	<b>Q 35 543,60</b>	<b>Q 38 194,91</b>	<b>Q 36 272,28</b>	<b>Q 36 685,58</b>	<b>Q 37 178,74</b>	<b>Q 34 644,33</b>	<b>Q 35 243,77</b>	<b>Q 35 243,77</b>

Fuente: elaboración propia.

**Tabla III. Consumo energético 2017**

MES - AÑO	ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	jun-17	jul-17	ago-17	sep-17	oct-17	nov-17	dic-17
Costo kWh	Q 0,654062	Q 0,654378	Q 0,654378	Q 0,654378	Q 0,659494	Q 0,659494	Q 0,659494	Q 0,660939	Q 0,660939	Q 0,660939	Q 0,650556	Q 0,650556
Consumo kWh	33 840	34 080	36 880	32 880	34 240	35 920	33 200	33 840	32 640	32 400	31 600	34 160
Costo de energía	Q 22 133,46	Q 22 301,20	Q 24 133,46	Q 21 515,95	Q 22 581,07	Q 23 689,02	Q 21 895,20	Q 22 366,18	Q 21 573,05	Q 21 414,42	Q 20 557,57	Q 22 222,99
Incumplimiento NTSD	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -
Potencia max kW	108	108	101,6	101,6	110,4	117,6	117,6	95,2	92	100,8	88,80	100,80
Potencia Contratada kW	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156,00	115,00
Costo por Potencia Max. (Q)	Q 27,203517	Q 27,202964	Q 27,202964	Q 27,202964	Q 26,288030	Q 26,288030	Q 26,288030	Q 26,286131				
Costo por Potencia Contratada (Q)	Q 12,084879	Q 12,068620	Q 12,012868									
Costo por tasa Municipal (Q)	Q 3 610,93	Q 3 632,66	Q 3 848,22	Q 3 507,94	Q 3 664,40	Q 3 833,04	Q 3 599,84	Q 3 583,62	Q 3 469,58	Q 3 479,03	Q 3 326,63	Q 3 520,12
Cargo fijo por cliente (Q)	Q 819,74	Q 821,69	Q 823,70									
<b>Total factura (con IVA) (Q)</b>	<b>Q 34 720,52</b>	<b>Q 34 929,39</b>	<b>Q 37 002,09</b>	<b>Q 33 730,20</b>	<b>Q 35 234,58</b>	<b>Q 36 856,10</b>	<b>Q 34 613,83</b>	<b>Q 34 457,91</b>	<b>Q 33 361,35</b>	<b>Q 33 452,21</b>	<b>Q 31 986,86</b>	<b>Q 33 847,27</b>

Fuente: elaboración propia.

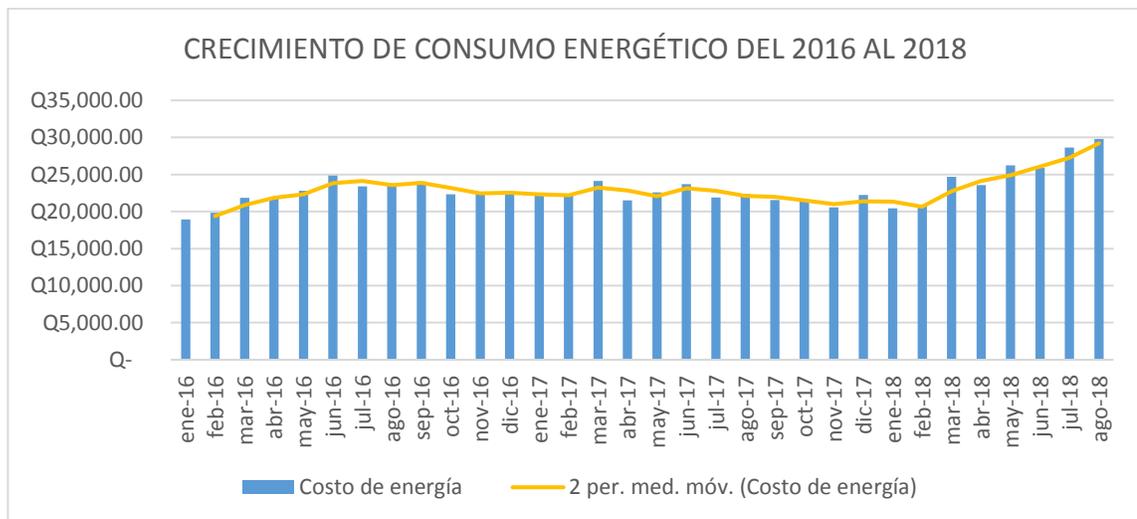
Tabla IV. Consumo energético 2018

MES - AÑO	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18
Costo KWh	Q 0,650556	Q 0,670935	Q 0,670935	Q 0,670935	Q 0,703455	Q 0,703455	Q 0,703455	Q 0,749151
Consumo kWh	31 440	31 040	36 800	35 120	37 280	36 800	40 720	39 760
Costo de energía	Q 20 453,48	Q 20 825,82	Q 24 690,41	Q 23 563,24	Q 26 224,80	Q 25 887,14	Q 28 644,69	Q 29 786,24
Incumplimiento NTSD	Q -	Q -	Q -	Q -	Q 158,32	Q -	Q -	Q -
Potencia max kW	90,40	84,00	85,60	104,00	120,80	118,40	111,20	111,20
Potencia Contratada kW	115,00	115,00	115,00	115,00	115,00	120,80	120,80	120,80
Costo por Potencia Max. (Q)	Q 26,286131	Q 26,292048	Q 26,292048	Q 26,292048	Q 26,104948	Q 26,104948	Q 26,104948	Q 25,159099
Costo por Potencia Contratada (Q)	Q 12,012868	Q 12,186611	Q 10,356495					
Costo por tasa Municipal (Q)	Q 3 254,54	Q 3 285,61	Q 3 793,47	Q 3 709,83	Q 4 128,69	Q 4 067,46	Q 4 401,51	Q 4 490,98
Cargo fijo por cliente (Q)	Q 823,70	Q 838,08	Q 711,03					
Total factura (con IVA) (Q)	Q 31 293,66	Q 31 592,37	Q 36 475,69	Q 35 671,44	Q 39 698,97	Q 39 110,23	Q 42 322,22	Q 43 182,52

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se observa un gráfico del comportamiento del consumo energético de los años, desde enero 2016 hasta agosto 2018, que fue lo analizado.

Figura 6. Histórico de consumo energético



Fuente: elaboración propia.

Es importante hacer notar que, en el mes de mayo 2018, se tuvo un cargo adicional por incumplimiento de la normativa (NTSD) ya que se realizó un cambio en la potencia contratada que bajó de 156 kW a 115 kW y el cual se sobrepasó en el mes de mayo y en el mes de junio se volvió a modificar a 120,8 kW para mantener un valor más cercano a la demanda registrada mensualmente.

Además, es evidente el crecimiento en el consumo energético en el último año el cual aumenta de manera exponencial y se estudiará en un capítulo posterior.

### 3.2. Consumo de agua potable

El servicio de agua para el edificio 1 del Ministerio de Educación lo presta la empresa municipal de agua EMPAGUA, y para obtener los datos correspondientes se utilizaron las facturas correspondientes a los meses de enero a septiembre 2017 de dos contadores que son los que proveen el servicio a dicho edificio, los datos se muestran a continuación:

Tabla V. **Consumo de agua potable del contador 40140185**

MES	dic-16	ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	jun-17	jul-17	ago-17
COSTO m <sup>3</sup>	Q 24,16								
CONSUMO m <sup>3</sup>	987	1118	1126	996	996	1059	1044	700	683
COSTO CONSUMO m <sup>3</sup>	Q 23 844,34	Q 27 009,09	Q 27 202,36	Q 24 061,77	Q 24 061,77	Q 25 583,75	Q 25 221,37	Q 16 910,88	Q 16 500,19
ALCANTARILLADO	Q 4 257,92	Q 4 823,05	Q 4 857,56	Q 4 296,74	Q 4 296,74	Q 4 568,53	Q 4 503,82	Q 3 019,80	Q 2 946,46
CARGO FIJO	Q 27,19								
CARGO POR MORA	Q 1 349,73	Q 1 791,60	Q 2 292,05	Q 2 796,07	Q 3 241,95	Q 2 326,86	Q 2 003,99	Q 2 003,99	Q 1 911,46
TOTAL A PAGAR	Q 29 479,18	Q 33 650,93	Q 34 379,16	Q 31 181,77	Q 31 627,65	Q 32 506,33	Q 31 756,37	Q 21 961,86	Q 21 385,30
SALDO ANTERIOR	Q 94 298,93	Q 123 778,11	Q 157 429,04	Q 191 808,20	Q 222 989,97	Q 162 541,73	Q 138 276,66	Q 170 033,03	Q 132 063,04
<b>TOTAL FACTURA</b>	<b>Q 123 778,11</b>	<b>Q 157 429,04</b>	<b>Q 191 808,20</b>	<b>Q 222 989,97</b>	<b>Q 254 617,62</b>	<b>Q 195 048,06</b>	<b>Q 170 033,03</b>	<b>Q 191 994,89</b>	<b>Q 153 448,34</b>

Fuente: elaboración propia.

Nota: en las facturas se observa un monto a cancelar, el cual solo aparece como registro interno de la empresa de agua, sin embargo, este dato no representa un desembolso para el ministerio, por lo que el total real a cancelar no incluye dicho monto ni ningún pago por mora debido al mismo.

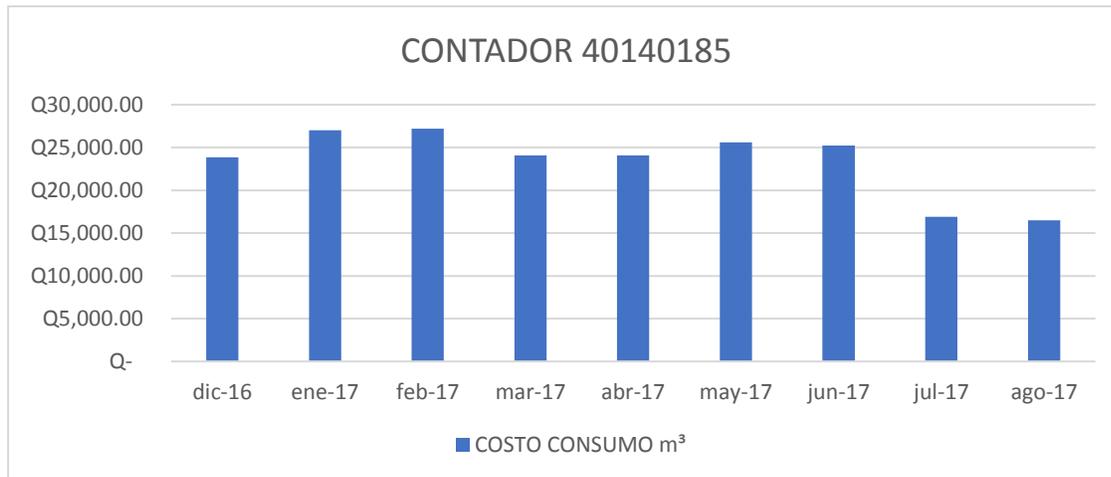
Tabla VI. **Consumo de agua potable del contador 17869**

MES	dic-16	ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	jun-17	jul-17	ago-17
COSTO m <sup>3</sup>	Q 24,16								
CONSUMO m <sup>3</sup>	573	593	557	610	593	750	324	314	368
COSTO CONSUMO m <sup>3</sup>	Q 13 842,76	Q 14 325,93	Q 13 456,23	Q 14 736,62	Q 14 325,93	Q 18 118,80	Q 7 827,32	Q 7 585,74	Q 8 890,29
ALCANTARILLADO	Q 2 471,92	Q 2 558,20	Q 2 402,90	Q 2 631,54	Q 2 558,20	Q 3 235,50	Q 1 397,74	Q 1 354,60	Q 1 587,55
CARGO FIJO	Q 27,19								
CARGO POR MORA	Q 56,38	Q 313,07	Q 578,72	Q 828,26	Q 1 101,51	Q 610,16	Q 437,46	Q 437,46	Q 258,92
TOTAL A PAGAR	Q 16 398,25	Q 17 224,39	Q 16 465,04	Q 18 223,61	Q 18 012,83	Q 21 991,65	Q 9 689,71	Q 9 404,99	Q 10 763,95
SALDO ANTERIOR	Q 3 824,31	Q 20 222,56	Q 37 446,95	Q 53 911,99	Q 72 135,60	Q 41 008,92	Q 28 693,90	Q 38 383,61	Q 17 154,86
<b>TOTAL FACTURA</b>	<b>Q 20 222,56</b>	<b>Q 37 446,95</b>	<b>Q 53 911,99</b>	<b>Q 72 135,60</b>	<b>Q 90 148,43</b>	<b>Q 63 000,57</b>	<b>Q 38 383,61</b>	<b>Q 47 788,60</b>	<b>Q 27 918,81</b>

Fuente: elaboración propia.

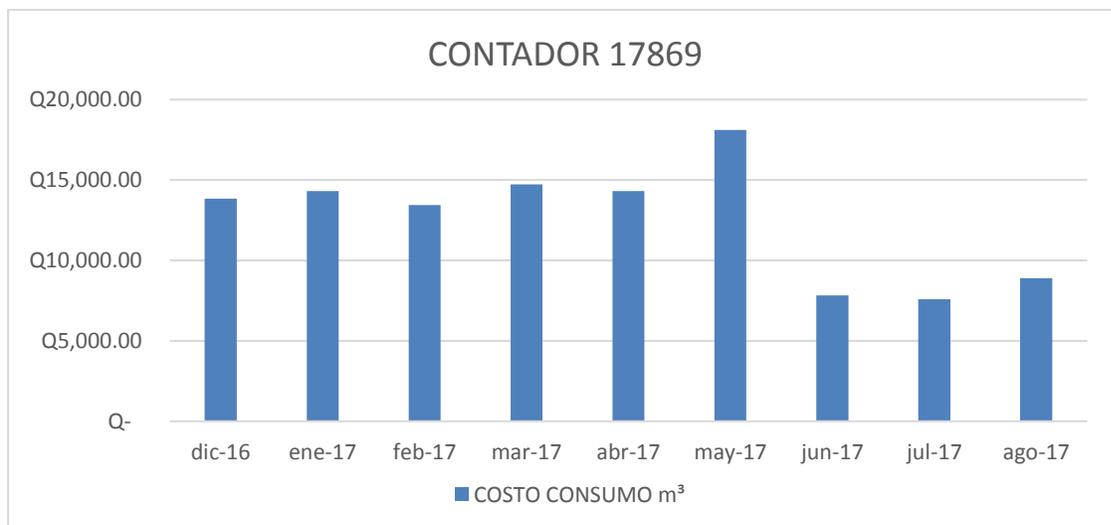
El crecimiento del consumo de agua potable para el 2018 y 2019 se prevé de la siguiente manera:

**Figura 7. Histórico y proyección de consumo de agua potable del contador 40140185**



Fuente: elaboración propia.

**Figura 8. Histórico y proyección de consumo de agua potable del contador 17869**



Fuente: elaboración propia.

## 4. INVENTARIO DE EQUIPOS

Para determinar los factores que producen mayor consumo energético es necesario conocer la potencia instalada en el edificio, para lo cual se realizó un inventario de los equipos usualmente conectados a la red eléctrica, o de mayor uso en las instalaciones del edificio 1 del Ministerio de Educación. Con esta información, la cual es detallada en el cuadro de abajo, es posible visualizar de mejor forma que equipos producen mayor consumo y buscar las medidas necesarias para mejorar el consumo energético.

Tabla VII. **Inventario de equipos de consumo eléctrico**

Equipo	Cantidad	Individual (Wh)	Horas de Uso	de Energía	Se utiliza AE	Consumida (Kwh/día)	Mes (Kwh)	Energía %
Computadora de escritorio con monitor	328	200	6	NO	NO	393,60	7 872,00	20,66
Pantallas LCD	14	100	2	NO	NO	2,80	56,00	0,15
Computadora portátil ( <i>Laptop</i> )	1	40	6	SI	SI	0,24	4,80	0,01
Aire Acondicionado	14	792	5	NO	NO	55,44	1 108,80	2,91
Microondas	20	1 550	2	NO	NO	62,00	1 240,00	3,25
Refrigerador	9	290	8	NO	NO	20,88	417,60	1,10
Cafetera	8	1 500	4	NO	NO	48,00	960,00	2,52
Copiadoras impresoras	146	1 260	3	SI	SI	551,88	11 037,60	28,97
Iluminación	837	62	8	NO	NO	413,28	8 265,54	21,69
Cargador de celular	150	0	3	NO	NO	0,14	2,70	0,01
Dispensador de agua eléctrico	20	540	1	NO	NO	10,80	216,00	0,57
UPS servidores	10	4 719	6	NO	NO	283,14	5 662,80	14,86
Bombas de agua	4	1 500	4	NO	NO	24,00	480,00	1,26
Otros equipos	37	1 330	3	NO	NO	39,00	779,90	2,05
<b>TOTALES</b>						<b>1 905</b>	<b>38 104</b>	<b>100</b>

Fuente: elaboración propia.



Tabla VIII. Datos de luminarias y lámparas obtenidos

ÁREA DE TRABAJO		INFO LUMINARIA				TIPO DE DIFUSOR EN LUMINARIA						ALTURA Y TEMP. DE COLOR POR LUMINARIA					
SALA	UBICACIÓN	TIPO	CANTIDAD				R.	BASICA	LBASD	LCS	LCDB	LCDA	LDAF	ALT.	CÁLIDA	NEUTRA	FRÍA
			CFL	TIPO U	LED	TOTAL											
	Bombas de agua	Fluorescente	1	0	0	1	1	SE	SE	SE	SE	SE	4	0	0	X	
	Lavandería	Fluorescente	1	0	0	1	1	SE	SE	SE	SE	SE	4	0	0	X	
	Bodega 1	Fluorescente	5	0	0	5	SE	SE	SE	5	SE	SE	4	0	0	X	
	Baño bodega	Fluorescente	1	0	0	1	SE	SE	SE	1	SE	SE	4	0	0	X	
	Bodega 2	Fluorescente	1	0	0	1	SE	SE	SE	1	SE	SE	4	0	0	X	
	Baños recep. H.	Fluorescente	1	0	0	1	SE	SE	SE	1	SE	SE	4	0	0	X	
	Baños recep. M.	Fluorescente	1	0	0	1	SE	SE	SE	1	SE	SE	4	0	0	X	
SALA 1	Monitoreo	Fluorescente	1	0	0	1	SE	SE	SE	1	SE	SE	4	0	0	X	
SALA 1	Recepción (SALA 1)	Fluorescente	6	0	0	6	SE	SE	SE	6	SE	SE	4	0	0	X	
SALA 1	Auténtica (SALA 1)	Fluorescente	5	3	0	8	SE	SE	SE	8	SE	SE	4	0	0	X	
SALA 2	Inhabilitado (SALA 2)	Fluorescente	7	2	0	9	SE	SE	SE	9	SE	SE	4	0	0	X	
SALA 3	DISERSA (SALA 3)	Fluorescente	10	2	0	12	SE	SE	SE	12	SE	SE	4	0	0	X	
SALA 4	DISERSA (SALA 4)	Fluorescente	39	1	0	40	SE	SE	SE	40	SE	SE	4	0	0	X	
	Baños pasillo H.	Fluorescente	3	0	0	3	SE	SE	SE	3	SE	SE	4	0	0	X	
	Baños pasillo M.	Fluorescente	3	0	0	3	SE	SE	SE	3	SE	SE	4	0	0	X	
SALA 5	DIAJ (SALA 5)	Fluorescente	15	1	0	16	SE	SE	SE	16	SE	SE	4	0	0	X	
SALA 6	Comisión de contraloría (SALA 6)	Fluorescente	9	0	0	9	SE	SE	SE	9	SE	SE	4	0	0	X	
SALA 7	DIDAI subdir. (SALA 7)	Fluorescente	10	1	0	11	SE	SE	SE	11	SE	SE	4	0	0	X	
SALA 8	DIDAI (SALA 8)	Fluorescente	16	0	0	16	SE	SE	SE	16	SE	SE	4	0	0	X	
SALA 9	Comisión de contraloría (SALA 9)	Fluorescente	9	0	0	9	SE	SE	SE	9	SE	SE	4	0	0	X	
	Baño pasillo H.	Fluorescente	2	0	0	2	SE	SE	SE	2	SE	SE	4	0	0	X	
	Baño Pasillo M.	Fluorescente	3	0	0	3	SE	SE	SE	3	SE	SE	4	0	0	X	
SALA 10	DIDECO (SALA 10)	Fluorescente y led	18	0	6	24	SE	SE	SE	24	SE	SE	4	0	0	X	
SALA 10B	Sala 10B	Fluorescente	4	0	0	4	SE	SE	SE	4	SE	SE	4	0	0	X	
SALA 11	SALA 11	Fluorescente	20	0	0	20	SE	SE	SE	20	SE	SE	4	0	0	X	
SALA 12	SALA REUNIONES (SALA 12)	Fluorescente	10	0	0	10	SE	SE	SE	10	SE	SE	4	0	0	X	
SALA 13 SALA 14 SALA 15 SALA 16	Recepción despachos	Fluorescente	4	0	0	4	SE	SE	SE	4	SE	SE	4	0	0	X	
	Oficina entrada despachos	Fluorescente	4	0	0	4	SE	SE	SE	4	SE	SE	4	0	0	X	
	Vicedespacho de diseño y verificación de la calidad educativa	Fluorescente	12	0	0	12	SE	SE	SE	12	SE	SE	4	0	0	X	
	Viceministro diseño y verificación de la calidad	Fluorescente	13	0	0	13	SE	SE	SE	13	SE	SE	4	0	0	X	
	Vicedespacho de educación bilingüe	Fluorescente	10	0	0	10	SE	SE	SE	10	SE	SE	4	0	0	X	
	Viceministro De educación bilingüe	Fluorescente	7	0	0	7	SE	SE	SE	7	SE	SE	4	0	0	X	
	Vicedespacho administrativo de educación	Fluorescente	10	0	0	10	SE	SE	SE	10	SE	SE	4	0	0	X	
	Viceministro administrativo de educación	Fluorescente	11	0	0	11	SE	SE	SE	11	SE	SE	4	0	0	X	
	Sala de reuniones vicedespacho administrativo	Fluorescente	9	0	0	9	SE	SE	SE	9	SE	SE	4	0	0	X	
	Ministro despacho superior	Fluorescente	8	0	3	11	SE	SE	SE	11	SE	SE	4	0	0	X	
	Asesoras despacho superior	Fluorescente	20	0	5	25	SE	SE	SE	25	SE	SE	4	0	0	X	
	Asesores despacho superior	Fluorescente	8	0	0	8	SE	SE	SE	8	SE	SE	4	0	0	X	
	Sala reuniones despacho superior	Fluorescente	18	0	1	19	SE	SE	SE	19	SE	SE	4	0	0	X	
Despacho viceministro	Fluorescente	15	0	0	15	SE	SE	SE	15	SE	SE	4	0	0	X		
Asesores viceministro	Fluorescente	16	0	0	16	SE	SE	SE	16	SE	SE	4	0	0	X		

Continuación de la tabla VIII.

	Cocina despacho de la calidad	Fluorescente	2	0	0	2	SE	SE	SE	2	SE	SE	4	0	0	X
	Baños despacho de la calidad H.	Fluorescente	3	0	0	3	SE	SE	SE	3	SE	SE	4	0	0	X
	Baños despacho de la calidad M.	Fluorescente	3	0	0	3	SE	SE	SE	3	SE	SE	4	0	0	X
	Pasillos despachos	Fluorescente	23	0	0	23	SE	SE	SE	23	SE	SE	4	0	0	X
	Domo	Fluorescente	12	0	0	12	SE	SE	SE	12	SE	SE	4	0	0	X
	Cocina seguridad despachos	Fluorescente	2	0	0	2	SE	SE	SE	2	SE	SE	4	0	0	X
	Lockers seguridad despachos	Fluorescente	2	0	0	2	SE	SE	SE	2	SE	SE	4	0	0	X
	Sala reuniones despacho administrativo	Fluorescente	4	0	0	4	SE	SE	SE	4	SE	SE	4	0	0	X
	Sala verde	Fluorescente	4	0	0	4	SE	SE	SE	4	SE	SE	4	0	0	X
	Pasillo sala verde	Fluorescente	6	0	0	6	SE	SE	SE	6	SE	SE	4	0	0	X
	Pasillo exterior ministro	Fluorescente	7	0	0	7	7	SE	SE	SE	SE	SE	4	0	0	X
	Pasillo exterior entrada despachos	Fluorescente	7	0	0	7	7	SE	SE	SE	SE	SE	4	0	0	X
	Pasillo exterior sala 1 a la 9	Fluorescente	28	0	0	28	28	SE	SE	SE	SE	SE	4	0	0	X
	Pasillo exterior DINFO	Fluorescente	12	0	0	12	12	SE	SE	SE	SE	SE	4	0	0	X
	Pasillo exterior salas 21 a 25	Fluorescente	20	0	0	20	20	SE	SE	SE	SE	SE	4	0	0	X
	Cuarto guardias seguridad ministros	Fluorescente	1	0	0	1	SE	SE	SE	1	SE	SE	4	0	0	X
SALA 17	DINFO (Sala 17 y 18)	led	0	0	66	66	SE	SE	SE	66	SE	SE	4	0	0	X
SALA 19	Cafetería (Sala 19)	Fluorescente	12	0	0	12	SE	SE	SE	12	SE	SE	4	0	0	X
	Baños cafetería H.	Fluorescente	4	0	0	4	SE	SE	SE	4	SE	SE	4	0	0	X
	Baños cafetería M.	Fluorescente	4	0	0	4	SE	SE	SE	4	SE	SE	4	0	0	X
	Pasillo baños cafetería	Fluorescente	4	0	0	4	4	SE	SE	SE	SE	SE	4	0	0	X
	Cuartos guardias seguridad lockers	Fluorescente	4	0	0	4	SE	SE	SE	4	SE	SE	4	0	0	X
	Cuarto planta eléctrica	Fluorescente	1	0	0	1	1	SE	SE	SE	SE	SE	4	0	0	X
	Cuarto de máquinas	Fluorescente	1	0	0	1	1	SE	SE	SE	SE	SE	4	0	0	X
SALA 20	DIPLAN (SALA 20)	Fluorescente	30	0	0	30	SE	SE	SE	30	SE	SE	4	0	0	X
SALA 21	DIPLAN (SALA 21)	Fluorescente	19	0	6	25	SE	SE	SE	25	SE	SE	4	0	0	X
SALA 22	DIPLAN (SALA 22)	Fluorescente	24	0	4	28	SE	SE	SE	28	SE	SE	4	0	0	X
SALA 23	DAFI (SALA 23)	Fluorescente	36	0	0	36	SE	SE	SE	36	SE	SE	4	0	0	X
SALA 24	REUNIONES (SALA 24)	Fluorescente	5	0	0	5	SE	SE	SE	5	SE	SE	4	0	0	X
SALA 25	DAFI (SALA 25)	Fluorescente	17	0	0	17	SE	SE	SE	17	SE	SE	4	0	0	X
SALA 26	Bodega (SALA 26)	Fluorescente	3	0	0	3	SE	SE	SE	3	SE	SE	4	0	0	X
	Pasillo exterior trasero	Fluorescente	4	0	0	4	4	SE	SE	SE	SE	SE	4	0	0	X
	Iluminación exterior jardines	Fluorescente	21	0	0	21	SE	SE	SE	21	SE	SE	3	0	0	X
	Atención al ciudadano	Fluorescente	8	0	0	8	SE	SE	SE	8	SE	SE	4	0	0	X
	Unidad de información pública	Fluorescente	6	0	0	6	SE	SE	SE	6	SE	SE	4	0	0	X
	Bodega	Fluorescente	5	2	0	7	SE	SE	SE	7	SE	SE	4	0	0	X
	Pasillo	Fluorescente	4	0	0	4	SE	SE	SE	4	SE	SE	4	0	0	X
	Centro de recursos para personas con discapacidad visual	Fluorescente	0	3	0	3	SE	SE	SE	3	SE	SE	4	0	0	X
	Asociación de educadores condecorados	Fluorescente	2	2	0	4	SE	SE	SE	4	SE	SE	4	0	0	X
	Quejas	Fluorescente	2	0	0	2	SE	SE	SE	2	SE	SE	4	0	0	X
	Call center	Fluorescente	1	2	0	3	SE	SE	SE	3	SE	SE	4	0	0	X
	Pilotos	Fluorescente	1	0	0	1	SE	SE	SE	1	SE	SE	4	0	0	X
	Garita	Fluorescente	3	4	0	7	SE	SE	SE	7	SE	SE	3	0	0	X

Fuente: elaboración propia.

- R. BASICA = regleta básica
- LBASD = lámpara blanca abierta sin difusor
- LCSD = luminaria cerrada sin difusor
- LCDB = luminaria con difusor blanco
- LCDA = luminaria con difusor de aluminio
- LDAF = luminaria de alta frecuencia

Tabla IX. **Regulación de encendido y apagado, manejo y deficiencias de luz**

ÁREA DE TRABAJO		REGULACIÓN DE ENCENDIDO Y APAGADO					LUZ NATURAL			DEFICIENCIAS			
SALA	UBICACIÓN	CPI	CPP	CPT	CPR	CDM	NATURAL	VENTANAS	TRAGALUZ	SOMBRAS	DESLUMBRAMIENTO	PARPADEOS	COLOR LUZ
	Cuarto de bombas y lavandería	2	0	0	0	0	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI
	Bodegas	4	0	0	0	0	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI
SALA 1	RECEPCIÓN, AUTÉNTICA	6	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
SALA 2	INHABILITADA	5	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
SALA 3	DISERSA	5	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
SALA 4	DISERSA Financiero	6	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
	BAÑOS	2	0	0	0	0	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI
SALA 5	DIAJ	4	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
SALA 6	COMISIÓN DE CONTRALORÍA	3	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
SALA 7	DIDAI SUBDIRECCIÓN	3	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
SALA 8	DIDAI	5	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
SALA 9	COMISIÓN CONTRALORÍA GENERAL	3	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
	BAÑOS	2	0	0	0	0	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI
SALA 10	DIDECO	7	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
SALA 10B		1	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
SALA 11		6	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
SALA 12	SALA DE REUNIONES	2	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
	ENTRADA DESPACHOS	4	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
	OFICINA ENTRADA DESPACHOS	1	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
	DESPACHO DE DISEÑO Y VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD EDUCATIVA	3	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
	VICEMINISTRO DISEÑO Y VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD EDUCATIVA	3	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
	DESPACHO DE EDUCACIÓN BILINGÜE	3	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
	VICEMINISTRO DE EDUCACIÓN BILINGÜE	3	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
	DESPACHO ADMINISTRATIVO DE EDUCACIÓN	4	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
	VICEMINISTRO ADMINISTRATIVO DE EDUCACIÓN	3	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
	MINISTRO DESPACHO SUPERIOR	3	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
	ASESORAS DESPACHO SUPERIOR	8	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
	COCINA ASESORAS DESPACHO SUPERIOR	1	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
	BODEGA ASESORAS DESPACHO SUPERIOR	1	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
	COCINA DESPACHO DE LA CALIDAD	1	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
	BAÑO HOMBRES DESPACHO DE LA CALIDAD	1	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
	BAÑO MUJERES DESPACHO DE LA CALIDAD	1	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
	PASILLOS DESPACHOS	4	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI

Continuación de la tabla IX.

	DOMO	0	0	0	0	0	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI
	COCINA SEGURIDAD DESPACHOS	3	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
	LOCKERS SEGURIDAD DESPACHOS	2	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
	SALA REUNIONES DESPACHO ADMINISTRATIVO	2	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
	SALA VERDE	4	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
	PASILLO INTERNO FRENTE SALA VERDE	2	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
SALA 17	DINFO	7	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
SALA 18	DINFO	7	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
SALA 19	CAFETERÍA	3	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
	BAÑOS	2	0	0	0	0	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI
SALA 20	DIPLAN	9	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
	DIPLAN Financiero	1	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
SALA 21	DIPLAN	4	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
SALA 22	DIPLAN	7	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
SALA 23	DAFI	9	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
SALA 24	SALA DE REUNIONES	2	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
SALA 25	SUB DIRECCIÓN ADMÓN FINANCIERA	7	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
SALA 26	SALA USOS MÚLTIPLES	1	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
	SALA AGENTES	2	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
	PASILLO EXTERIOR DESPACHO SUPERIOR	4	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
	PASILLO EXTERIOR ENTRADA DESPACHOS	2	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
	PASILLO EXTERIOR SSALA 1 A LA 9	7	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
	PASILLO EXTERIOR DINFO	2	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
	PASILLO EXTERIOR SALAS 21 A 25	2	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
	Cuarto de transformadores	1	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
	Cuarto de máquinas	1	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
	Cuarto pilotos	1	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
	JARDINES EXTERIORES CENTRALES	7	0	0	0	0	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI

Fuente: elaboración propia.

CPI = control por interruptor  
 CPP = control por potenciómetro  
 CPT = control por *timer*  
 CPR = control por reloj  
 CDM = control de medición

Además, para conocer los niveles de iluminación en las áreas de trabajo se utilizó un luxómetro el cual mide los luxes que inciden en él provenientes de la fuente de iluminación, adicional a la medición se tomó en cuenta la hora de medición, así como alguna otra fuente de iluminación natural que pudo incidir en la medición. En las siguientes tablas se describen las mediciones obtenidas en cada área de las diferentes salas que conforman el edificio 1 del Ministerio de Educación.

Tabla X. **Luxes sala 1**

Estación: Verano			
Fecha: 04/12/2017			
Hora: 8:00 a.m			
Recepción SALA 1			
ÁREA	LUX	TIPO	LUZ NATURAL
Área 1	90	Módulo/Escritorio	VENTANA
Área 2	110	Módulo/Escritorio	VENTANA
Área 3	115	Módulo/Escritorio	PUERTA
PROMEDIO	105		
Monitoreo SALA 1			
ÁREA	LUX	TIPO	LUZ NATURAL
Área 1	77	Módulo/Escritorio	VENTANA
Auténticas SALA 1			
ÁREA	LUX	TIPO	LUZ NATURAL
Área 1	200	Módulo/Escritorio	VENTANA
Área 2	248	Módulo/Escritorio	PUERTA
Área 3	139	Módulo/Escritorio	
Área 4	133	Módulo/Escritorio	VENTANA
PROMEDIO	180		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Luxes sala 3**

Estación: Verano			
Fecha: 04/12/2017			
Hora: 8:00 a.m			
DISERSA SALA 3			
ÁREA	LUX	TIPO	LUZ NATURAL
Área 1	60	Módulo/Escritorio	
Área 2	60	Módulo/Escritorio	
Área 3	200	Módulo/Escritorio	VENTANA
Área 4	130	Módulo/Escritorio	
Área 5	143	Mesa Reuniones	
Área 6	464	Módulo/Escritorio	VENTANA
Área 7	200	Módulo/Escritorio	VENTANA
Área 8	325	Módulo/Escritorio	VENTANA
PROMEDIO	197,8		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. Luxes sala 4

Estación: Verano			
Fecha: 04/12/2017			
Hora: 8:00 a.m			
DISERSA SALA 4			
ÁREA	LUX	TIPO	LUZ NATURAL
Área 1	36	Módulo/Escritorio	
Área 2	222	Módulo/Escritorio	VENTANA
Área 3	62	Módulo/Escritorio	
Área 4	135	Módulo/Escritorio	VENTANA
Área 5	110	Mesa Reuniones	
Área 6	67	Módulo/Escritorio	VENTANA
Área 7	97	Módulo/Escritorio	VENTANA
Área 8	95	Módulo/Escritorio	VENTANA
Área 9	48	Módulo/Escritorio	VENTANA
Área 10	40	Módulo/Escritorio	PUERTA
Área 11	64	Módulo/Escritorio	VENTANA
PROMEDIO	91,2		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. Luxes sala 5

Estación: Verano			
Fecha: 04/12/2017			
Hora: 8:15 a.m			
DIAJ			
ÁREA	LUX	TIPO	LUZ NATURAL
Área 1	66	Módulo/Escritorio	PUERTA
Área 2	60	Módulo/Escritorio	
Área 3	28	Módulo/Escritorio	
Área 4	30	Módulo/Escritorio	VENTANA
Área 5	41	Mesa Reuniones	
Área 6	111	Módulo/Escritorio	
Área 7	85	Módulo/Escritorio	
Área 8	71	Módulo/Escritorio	
Área 9	41	Módulo/Escritorio	
Área 10	76	Módulo/Escritorio	VENTANA
Área 11	79	Módulo/Escritorio	
Área 12	62	Módulo/Escritorio	
Área 13	90	Escritorio Director	VENTANA
Área 14	61	Mesa director	
PROMEDIO	64,36		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Luxes sala 6**

<b>Estación: Verano</b>			
<b>Fecha: 04/12/2017</b>			
<b>Hora: 8:45 a.m</b>			
<b>CONTRALORÍA SALA 6</b>			
ÁREA	LUX	TIPO	LUZ NATURAL
Área 1	105	Módulo/Escriptorio	PUERTA
Área 2	114	Módulo/Escriptorio	
Área 3	115	Módulo/Escriptorio	
Área 4	95	Módulo/Escriptorio	
Área 5	85	Módulo/Escriptorio	VENTANA
Área 6	138	Módulo/Escriptorio	
Área 7	149	Módulo/Escriptorio	
Área 8	163	Módulo/Escriptorio	VENTANA
Área 9	125	Módulo/Escriptorio	
Área 10	121	Módulo/Escriptorio	
Área 11	88	Módulo/Escriptorio	
Área 12	77	Módulo/Escriptorio	
PROMEDIO	114,6		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Luxes sala 7**

<b>Estación: Verano</b>			
<b>Fecha: 04/12/2017</b>			
<b>Hora: 9:15 a.m</b>			
<b>DIDAI SUBDIRECCIÓN SALA 7</b>			
ÁREA	LUX	TIPO	LUZ NATURAL
Área 1	39	Módulo/Escriptorio	
Área 2	47	Módulo/Escriptorio	VENTANA
Área 3	49	Módulo/Escriptorio	VENTANA
Área 4	65	Módulo/Escriptorio	PUERTA
Área 5	89	Módulo/Escriptorio	
Área 6	49	Módulo/Escriptorio	
Área 7	60	Módulo/Escriptorio	
Área 8	47	Módulo/Escriptorio	
Área 9	76	Módulo/Escriptorio	
Área 10	67	Módulo/Escriptorio	
Área 11	52	Módulo/Escriptorio	
Área 12	89	Escriptorio Director	VENTANA
PROMEDIO	60,75		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Luxes sala 8**

Estación:		Verano	
Fecha:		04/12/2017	
Hora:		9:00 a.m	
DIDAI SALA 8			
ÁREA	LUX	TIPO	LUZ NATURAL
Área 1	60	Módulo/Escritorio	PUERTA
Área 2	68	Módulo/Escritorio	
Área 3	68	Módulo/Escritorio	
Área 4	85	Módulo/Escritorio	VENTANA
Área 5	47	Módulo/Escritorio	
Área 6	65	Módulo/Escritorio	
Área 7	61	Módulo/Escritorio	
Área 8	49	Módulo/Escritorio	
Área 9	57	Módulo/Escritorio	
Área 10	62	Módulo/Escritorio	
Área 11	41	Módulo/Escritorio	
Área 12	46	Módulo/Escritorio	
Área 13	60	Módulo/Escritorio	VENTANA
Área 14	44	Módulo/Escritorio	
Área 15	95	Escritorio Director	VENTANA
Área 16	54	Mesa Director	
PROMEDIO	60,13		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Luxes sala 9**

Estación:		Verano	
Fecha:		04/12/2017	
Hora:		9:30 a.m	
CONTRALORÍA SALA 9			
ÁREA	LUX	TIPO	LUZ NATURAL
Área 1	85	Módulo/Escritorio	
Área 2	85	Módulo/Escritorio	
Área 3	90	Módulo/Escritorio	
Área 4	113	Módulo/Escritorio	
Área 5	125	Escritorio Director	VENTANA
Área 6	59	Escritorio Director	
Área 7	125	Mesa Director	
PROMEDIO	97,43		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Luxes sala 10**

Estación: Verano			
Fecha: 04/12/2017			
Hora: 9:45 a.m			
DIDECO			
ÁREA	LUX	TIPO	LUZ NATURAL
Área 1	113	Módulo/Escritorio	
Área 2	137	Mesa Director	
Área 3	83	Escritorio Director	
Área 4	183	Módulo/Escritorio	
Área 5	73	Módulo/Escritorio	VENTANA
Área 6	35	Módulo/Escritorio	
Área 7	164	Módulo/Escritorio	
Área 8	53	Módulo/Escritorio	
Área 9	69	Módulo/Escritorio	
Área 10	90	Módulo/Escritorio	
Área 11	42	Módulo/Escritorio	
Área 12	50	Módulo/Escritorio	
Área 13	52	Módulo/Escritorio	
Área 14	130	Módulo/Escritorio	VENTANA
Área 15	140	Módulo/Escritorio	VENTANA
Área 16	140	Módulo/Escritorio	VENTANA
Área 17	169	Módulo/Escritorio	VENTANA
Área 18	116	Módulo/Escritorio	VENTANA
PROMEDIO	102,2		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Luxes sala 11**

Estación: Verano			
Fecha: 04/12/2017			
Hora: 10:00 a.m			
SALA 11			
ÁREA	LUX	TIPO	LUZ NATURAL
Área 1	35	Módulo/Escritorio	
Área 2	28	Módulo/Escritorio	
Área 3	28	Módulo/Escritorio	
Área 4	28	Módulo/Escritorio	
Área 5	46	Módulo/Escritorio	
Área 6	50	Módulo/Escritorio	
Área 7	48	Módulo/Escritorio	
Área 8	54	Módulo/Escritorio	
Área 9	50	Módulo/Escritorio	VENTANA
Área 10	62	Módulo/Escritorio	VENTANA
Área 11	79	Módulo/Escritorio	VENTANA
Área 12	29	Módulo/Escritorio	
PROMEDIO	44,75		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Luxes calidad educativa**

Estación: Verano			
Fecha: 43074			
Hora: 9:00 a.m			
VICEMINISTRO CALIDAD EDUCATIVA			
ÁREA	LUX	TIPO	LUZ NATURAL
Área 1	128	Escritorio	
Área 2	80	Mesa de reuniones	
PROMEDIO	104		
DESPACHO CALIDAD EDUCATIVA			
ÁREA	LUX	TIPO	LUZ NATURAL
Área 1	64	Módulo/Escritorio	
Área 2	62	Módulo/Escritorio	VENTANA
Área 3	72	Módulo/Escritorio	
Área 4	88	Módulo/Escritorio	
PROMEDIO	71,5		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Luxes educación bilingüe**

Estación: Verano			
Fecha: 43074			
Hora: 9:30 a.m			
VICEMINISTRO DE EDUCACIÓN BILINGÜE			
ÁREAL	LUX	TIPO	LUZ NATURAL
Área 1	118	Escritorio	
DESPACHO DE EDUCACIÓN BILINGÜE			
ÁREAL	LUX	TIPO	LUZ NATURAL
Área 1	42	Módulo/Escritorio	
Área 2	65	Módulo/Escritorio	
Área 3	60	Módulo/Escritorio	
Área 4	63	Módulo/Escritorio	
Área 5	52	Módulo/Escritorio	
Área 6	25	Módulo/Escritorio	
Área 7	141	Mesa de reuniones	
PROMEDIO	64		

Fuente: elaboración propia

Tabla XXII. **Luxes administración educativa**

Estación: Verano			
Fecha: 04/12/2017			
Hora: 11:45 a.m			
DESPACHO ADMINISTRACIÓN EDUCATIVA			
ÁREA	LUX	TIPO	LUZ NATURAL
Área 1	150	Módulo/Escritorio	PUERTA A PASILLO
Área 2	51	Módulo/Escritorio	
Área 3	32	Módulo/Escritorio	
Área 4	34	Módulo/Escritorio	
Área 5	150	Módulo/Escritorio	
Área 6	38	Módulo/Escritorio	
Área 7	51	Módulo/Escritorio	
Área 8	80	Módulo/Escritorio	
Área 9	52	Módulo/Escritorio	
PROMEDIO	70,89		
VICEMINISTRO ADMINISTRACIÓN EDUCATIVA			
ÁREA	LUX	TIPO	LUZ NATURAL
Área 1	225	Módulo/Escritorio	
Área 2	140	Mesa de reuniones	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Luxes despacho viceministro**

Estación: Verano			
Fecha: 04/12/2017			
Hora: 10:45 a.m			
DESPACHO VICEMINISTRO			
ÁREA	LUX	TIPO	LUZ NATURAL
Área 1	195	Escritorio	VENTANA
Área 2	198	Mesa de Reuniones	PUERTA
PROMEDIO	196,5		
DESPACHO ASESORES VICEMINISTRO			
Área 1	45	Módulo/Escritorio	
Área 2	40	Módulo/Escritorio	
Área 3	39	Módulo/Escritorio	
Área 4	50	Módulo/Escritorio	
Área 5	62	Módulo/Escritorio	
Área 6	75	Módulo/Escritorio	
PROMEDIO	100,1		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Luxes despacho superior**

Estación: Verano			
Fecha: 04/12/2017			
Hora: 12:30 a.m			
DESPACHO SUPERIOR MINISTRO			
ÁREA	LUX	TIPO	LUZ NATURAL
Área 1	65	Escritorio	PUERTA
ASESORES MINISTRO DESPACHO SUPERIOR			
ÁREA	LUX	TIPO	LUZ NATURAL
Área 1	49	Escritorio	PUERTA
Área 2	62	Módulo/Escritorio	
Área 3	63	Módulo/Escritorio	
PROMEDIO	58		
ASESORES DESPACHO SUPERIOR			
ÁREA	LUX	TIPO	LUZ NATURAL
Área 1	61	Módulo/Escritorio	
Área 2	55	Módulo/Escritorio	
Área 3	94	Módulo/Escritorio	
Área 4	38	Módulo/Escritorio	
Área 5	50	Módulo/Escritorio	
Área 6	60	Módulo/Escritorio	
Área 7	81	Módulo/Escritorio	
PROMEDIO	62,71		
SALA DE REUNIONES DESPACHO SUPERIOR			
ÁREA	LUX	TIPO	LUZ NATURAL
Área 1	282	Mesa de Reuniones	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. Luxes sala 17 y sala 18

Estación: Verano			
Fecha: 05/12/2017			
Hora: 11:30 a.m			
DINFO			
ÁREA	LUX	TIPO	LUZ NATURAL
Área 1	642	Módulo/Escriptorio	
Área 2	675	Módulo/Escriptorio	
Área 3	654	Módulo/Escriptorio	
Área 4	629	Módulo/Escriptorio	VENTANA
Área 5	672	Módulo/Escriptorio	
Área 6	587	Módulo/Escriptorio	
Área 7	692	Módulo/Escriptorio	VENTANA
Área 8	556	Módulo/Escriptorio	
Área 9	585	Módulo/Escriptorio	
Área 10	594	Módulo/Escriptorio	
Área 11	457	Módulo/Escriptorio	
Área 12	614	Módulo/Escriptorio	
Área 13	570	Módulo/Escriptorio	
Área 14	614	Módulo/Escriptorio	
Área 15	565	Módulo/Escriptorio	
Área 16	626	Módulo/Escriptorio	
Área 17	527	Módulo/Escriptorio	
Área 18	622	Módulo/Escriptorio	
Área 19	480	Módulo/Escriptorio	
Área 20	615	Módulo/Escriptorio	
Área 21	325	Módulo/Escriptorio	
Área 22	631	Módulo/Escriptorio	
Área 23	513	Módulo/Escriptorio	
Área 24	661	Módulo/Escriptorio	
Área 25	385	Módulo/Escriptorio	
Área 26	653	Módulo/Escriptorio	
Área 27	305	Módulo/Escriptorio	
Área 28	586	Módulo/Escriptorio	
Área 29	380	Módulo/Escriptorio	
Área 30	695	Módulo/Escriptorio	
Área 31	531	Módulo/Escriptorio	
Área 32	540	Módulo/Escriptorio	
Área 33	426	Módulo/Escriptorio	
Área 34	478	Módulo/Escriptorio	
Área 35	625	Módulo/Escriptorio	
Área 36	558	Módulo/Escriptorio	
Área 37	715	Módulo/Escriptorio	VENTANA
Área 38	626	Módulo/Escriptorio	
Área 39	730	Módulo/Escriptorio	
Área 40	595	Módulo/Escriptorio	
Área 41	800	Módulo/Escriptorio	
Área 42	613	Módulo/Escriptorio	VENTANA
Área 43	615	Módulo/Escriptorio	VENTANA
Área 44	897	Módulo/Escriptorio	VENTANA
Área 45	476	Módulo/Escriptorio	
Área 46	470	Módulo/Escriptorio	
Área 47	570	Módulo/Escriptorio	
Área 48	496	Módulo/Escriptorio	
Área 49	525	Módulo/Escriptorio	
Área 50	570	Escriptorio Director	
Área 51	1225	Mesa Director	VENTANA
PROMEDIO	592		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. Luxes sala 20

Estación: Verano			
Fecha: 05/12/2017			
Hora: 10:30 a.m			
DIPLAN SALA 20			
ÁREA	LUX	TIPO	LUZ NATURAL
Área 1	115	Módulo/Escritorio	
Área 2	181	Módulo/Escritorio	
Área 3	75	Módulo/Escritorio	
Área 4	113	Módulo/Escritorio	
Área 5	118	Módulo/Escritorio	
Área 6	48	Módulo/Escritorio	
Área 7	131	Módulo/Escritorio	
Área 8	147	Módulo/Escritorio	
Área 9	63	Módulo/Escritorio	
Área 10	82	Módulo/Escritorio	
Área 11	63	Módulo/Escritorio	
Área 12	67	Módulo/Escritorio	
Área 13	85	Módulo/Escritorio	
Área 14	63	Módulo/Escritorio	
Área 15	57	Módulo/Escritorio	
Área 16	55	Módulo/Escritorio	
Área 17	55	Módulo/Escritorio	
Área 18	58	Módulo/Escritorio	
Área 19	65	Módulo/Escritorio	
Área 20	78	Módulo/Escritorio	
Área 21	75	Módulo/Escritorio	
Área 22	71	Módulo/Escritorio	
Área 23	86	Módulo/Escritorio	
Área 24	152	Módulo/Escritorio	
Área 25	137	Módulo/Escritorio	
Área 26	147	Módulo/Escritorio	
Área 27	84	Módulo/Escritorio	
Área 28	105	Módulo/Escritorio	
Área 29	152	Módulo/Escritorio	VENTANA
Área 30	117	Módulo/Escritorio	
Área 31	213	Módulo/Escritorio	
Área 32	124	Módulo/Escritorio	
Área 33	42	Módulo/Escritorio	
Área 34	440	Mesa de Reuniones	
PROMEDIO	107,8		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. Luxes sala 21

Estación: Verano			
Fecha: 05/12/2017			
Hora: 10:30 a.m			
DIPLAN SALA 21			
ÁREA	LUX	TIPO	LUZ NATURAL
Área 1	223	Módulo/Escritorio	VENTANA
Área 2	120	Módulo/Escritorio	
Área 3	245	Módulo/Escritorio	
Área 4	175	Módulo/Escritorio	
Área 5	116	Módulo/Escritorio	
Área 6	62	Módulo/Escritorio	
Área 7	104	Módulo/Escritorio	
Área 8	134	Módulo/Escritorio	
Área 9	197	Módulo/Escritorio	
Área 10	254	Módulo/Escritorio	
Área 11	300	Módulo/Escritorio	
Área 12	302	Módulo/Escritorio	
Área 13	233	Módulo/Escritorio	
Área 14	310	Módulo/Escritorio	
Área 15	169	Módulo/Escritorio	
Área 16	165	Módulo/Escritorio	VENTANA
Área 17	118	Módulo/Escritorio	VENTANA
Área 18	135	Módulo/Escritorio	
Área 19	96	Módulo/Escritorio	
Área 20	188	Módulo/Escritorio	
Área 21	334	Módulo/Escritorio	
Área 22	559	Módulo/Escritorio	
Área 23	189	Módulo/Escritorio	
Área 24	123	Módulo/Escritorio	
Área 25	70	Sala de Reuniones	
PROMEDIO	196,8		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Luxes sala 22**

Estación: Verano			
Fecha: 05/12/2017			
Hora: 10:30 a.m			
DIPLAN SALA 22			
ÁREA	LUX	TIPO	LUZ NATURAL
Área 1	115	Módulo/Escritorio	
Área 2	113	Módulo/Escritorio	
Área 3	90	Módulo/Escritorio	VENTANA
Área 4	130	Módulo/Escritorio	VENTANA
Área 5	82	Módulo/Escritorio	VENTANA
Área 6	135	Módulo/Escritorio	
Área 7	142	Módulo/Escritorio	
Área 8	122	Módulo/Escritorio	
Área 9	140	Módulo/Escritorio	
Área 10	122	Módulo/Escritorio	
Área 11	180	Módulo/Escritorio	
Área 12	267	Módulo/Escritorio	LAMPARA LED
Área 13	182	Módulo/Escritorio	
Área 14	80	Módulo/Escritorio	
Área 15	55	Módulo/Escritorio	
Área 16	404	Módulo/Escritorio	
Área 17	570	Módulo/Escritorio	
PROMEDIO	172,3		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Luxes sala 23**

Estación: Verano			
Fecha: 05/12/2017			
Hora: 10:00 a.m			
DAFI SALA 23			
ÁREA	LUX	TIPO	LUZ NATURAL
Área 1	57	Módulo/Escritorio	
Área 2	90	Módulo/Escritorio	
Área 3	75	Módulo/Escritorio	
Área 4	59	Módulo/Escritorio	
Área 5	64	Módulo/Escritorio	
Área 6	54	Módulo/Escritorio	
Área 7	33	Módulo/Escritorio	
Área 8	48	Módulo/Escritorio	
Área 9	30	Módulo/Escritorio	
Área 10	48	Módulo/Escritorio	
Área 11	48	Módulo/Escritorio	
Área 12	47	Módulo/Escritorio	
Área 13	61	Módulo/Escritorio	
Área 14	60	Módulo/Escritorio	
Área 15	55	Módulo/Escritorio	
Área 16	47	Módulo/Escritorio	
Área 17	83	Módulo/Escritorio	
Área 18	66	Módulo/Escritorio	
Área 19	100	Módulo/Escritorio	
Área 20	62	Módulo/Escritorio	VENTANA
Área 21	55	Módulo/Escritorio	
Área 22	180	Sala de Reuniones	
Área 23	71	Escritorio Director	VENTANA
PROMEDIO	64,91		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Luxes sala 25**

Estación: Verano			
Fecha: 05/12/2017			
Hora: 10:00 a.m			
DAFI SALA 25			
ÁREA	LUX	TIPO	LUZ NATURAL
Área 1	70	Módulo/Esitorio	PUERTA
Área 2	122	Módulo/Esitorio	
Área 3	80	Módulo/Esitorio	
Área 4	92	Módulo/Esitorio	
Área 5	75	Módulo/Esitorio	
Área 6	68	Módulo/Esitorio	
Área 7	78	Módulo/Esitorio	
Área 8	56	Módulo/Esitorio	
Área 9	75	Módulo/Esitorio	
Área 10	83	Módulo/Esitorio	
Área 11	166	Módulo/Esitorio	VENTANA
Área 12	225	Módulo/Esitorio	
Área 13	130	Módulo/Esitorio	
Área 14	56	Esitorio Director	
PROMEDIO	98,29		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. **Luxes atención al ciudadano**

Estación: Verano			
Fecha: 05/12/2017			
Hora: 11:00 a.m			
ATENCIÓN AL CIUDADANO			
ÁREA	LUX	TIPO	LUZ NATURAL
Área 1	117	Módulo/Escritorio	
Área 2	162	Módulo/Escritorio	VENTANA
Área 3	173	Módulo/Escritorio	
Área 4	136	Módulo/Escritorio	
PROMEDIO	147		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. **Luxes unidad de información pública**

Estación: Verano			
Fecha: 05/12/2017			
Hora: 11:15 a.m			
UNIDAD DE INFORMACIÓN PÚBLICA			
ÁREA	LUX	TIPO	LUZ NATURAL
Área 1	283	Módulo/Escritorio	
Área 2	140	Módulo/Escritorio	
Área 3	3 286	Módulo/Escritorio	VENTANA
PROMEDIO	1 236		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII. **Luxes quejas**

Estación: Verano			
Fecha: 05/12/2017			
Hora: 11:30 a.m			
QUEJAS			
ÁREA	LUX	TIPO	LUZ NATURAL
Área 1	698	Módulo/Escritorio	VENTANA
Área 2	431	Módulo/Escritorio	VENTANA
PROMEDIO	564,5		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIV. **Luxes call center**

Estación: Verano			
Fecha: 05/12/2017			
Hora: 11:45 a.m			
CALL CENTER			
ÁREA	LUX	TIPO	LUZ NATURAL
Área 1	185	Módulo/Escritorio	PUERTA
Área 2	172	Módulo/Escritorio	
Área 3	225	Módulo/Escritorio	
Área 4	700	Módulo/Escritorio	VENTANA
Área 5	360	Módulo/Escritorio	VENTANA
Área 6	251	Módulo/Escritorio	
Área 7	225	Módulo/Escritorio	
Área 8	150	Módulo/Escritorio	
Área 9	132	Módulo/Escritorio	
Área 10	205	Módulo/Escritorio	
Área 11	87	Módulo/Escritorio	VENTANA
PROMEDIO	244,7		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXV. Resumen de luxes y eficiencia lumínica por áreas

SALA	Promedio Luxes	Nivel Requerido	EFICIENCIA	
	Bombas de agua	1 800,00	100	1 800 %
	Lavandería	1 800,00	100	1 800 %
	Bodega 1	150,00	200	75 %
	Baño bodega	Sin acceso	200	
	Bodega 2	Sin acceso	200	
	Baños recep. H.	37,00	100	37 %
	Baños recep. M.	51,00	100	51 %
1	Monitoreo	77,00	500	15 %
1	Recepción (SALA 1)	105,00	200	52 %
1	Auténtica (SALA 1)	180,00	500	36 %
2	Inhabilitado (SALA 2)	195,00	500	39 %
3	DISERSA (SALA 3)	197,75	500	39 %
4	DISERSA (SALA 4)	91,20	500	18 %
	Baños pasillo H.	42,00	100	42 %
	Baños pasillo M.	36,00	100	36 %
5	DIAJ (SALA 5)	64,36	500	12 %
6	Comisión de contraloría (SALA 6)	114,58	500	22 %
7	DIDAI subdir. (SALA 7)	60,75	500	12 %
8	DIDAI (SALA 8)	60,13	500	12 %
9	Comisión de contraloría (SALA 9)	97,43	500	19 %
	Baño pasillo H.	53,00	100	53 %
	Baño Pasillo M.	48,00	100	48 %
10	DIDECO (SALA 10)	102,17	500	20 %
10B	SALA 10B	Sin acceso	500	
11	SALA 11	44,75	500	8 %
12	SALA REUNIONES (SALA 12)	91,00	200	45 %
13, 14, 15, 16,	Recepción despachos	401,00	200	200 %
	Oficina entrada despachos	130,00	500	26 %
	Vicedespacho de diseño y verificación de la calidad educativa	71,50	500	14 %
	Viceministro diseño y verificación de la calidad	104,00	500	20 %
	Vicedespacho de educación bilingüe	64,00	500	12 %
	Viceministro de educación bilingüe	118,00	500	23 %
	Vicedespacho administrativo de educación	70,89	500	14 %
	Viceministro administrativo de educación	225,00	500	45 %
	Sala de reuniones vicedespacho administrativo	140,00	200	70 %
	Ministro despacho superior	65,00	500	13 %
	Asesores ministro	58,00	500	11 %
	Asesores despacho superior	62,71	500	12 %
	Sala reuniones despacho superior	282,00	200	141 %
	Despacho viceministro	196,50	500	39 %
	Despacho viceministro asesores	100,06	500	20 %
	Cocina despacho de la calidad	Sin acceso	200	

Continuación de la tabla XXXV.

	Baños despacho de la calidad H.	65,00	100	65 %
	Baños despacho de la calidad M.	59,00	100	59 %
	Pasillos despachos	1 800,00	100	1 800 %
	Domo	1 800,00	100	1 800 %
	Cocina seguridad despachos	370,00	200	185 %
	Lockers seguridad despachos	147,00	200	73 %
	Sala reuniones despacho administrativo	227,00	200	113 %
	Sala verde	175,00	200	87 %
	Pasillo sala verde	175,00	100	175 %
	Pasillo exterior ministro	1 800,00	100	1 800 %
	Pasillo exterior entrada despachos	1 800,00	100	1 800 %
	Pasillo exterior sala 1 a la 9	1 800,00	100	1 800 %
	Pasillo exterior DINFO	1 800,00	100	1 800 %
	Pasillo exterior salas 21 a 25	1 800,00	100	1 800 %
	Cuarto guardias seguridad ministros	156,00	200	78 %
17, 18	DINFO (sala 17 y 18)	591,98	500	118 %
19	Cafetería	175,00	200	87 %
	Baños cafetería H.	62,00	100	62 %
	Baños cafetería M.	54,00	100	54 %
	Pasillo baños cafetería	31,00	100	31 %
	Cuartos guardias seguridad lockers	163,00	200	81 %
	Cuarto planta eléctrica	400,00	500	80 %
	Cuarto de máquinas	Sin acceso	500	
20	DIPLAN	107,76	500	21 %
21	DIPLAN (SALA 21)	196,84	500	39 %
22	DIPLAN (SALA 22)	172,29	500	34 %
23	DAFI (SALA 23)	64,91	500	12 %
24	REUNIONES (SALA 24)	118,00	200	59 %
25	DAFI (SALA 25)	98,29	500	19 %
26	Bodega (SALA 26)	230,00	200	115 %
	Pasillo exterior trasero	1 800,00	100	1 800 %
	Iluminación exterior jardines	1 800,00	1500	120 %
La Campana	Atención al ciudadano	147,00	500	29 %
	Unidad de información pública	1 236,33	500	247 %
	Bodega	Sin acceso	200	
	Pasillo	1 800,00	1500	120 %
	Centro recursos para personas con discapacidad visual	Sin acceso	200	
	Asociación educadores condecorados	Sin acceso	200	
	Quejas	564,50	500	112 %
	Call center	244,73	500	48 %
	Pilotos	150,00	500	30 %
	Garita	450,00	500	90 %

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.1. Análisis de resultados de iluminación

Según el análisis realizado se determinó que en el edificio 1 del Ministerio de Educación tiene un total de 837 luminarias, de las cuales se tiene un 98 % de eficiencia.

Tabla XXXVI. **Resumen eficiencia total de luminarias**

Luminaria	Total de Lámparas	Eficiencia	Potencia KW
837	828	98	51,66

F

Fuente: elaboración propia.

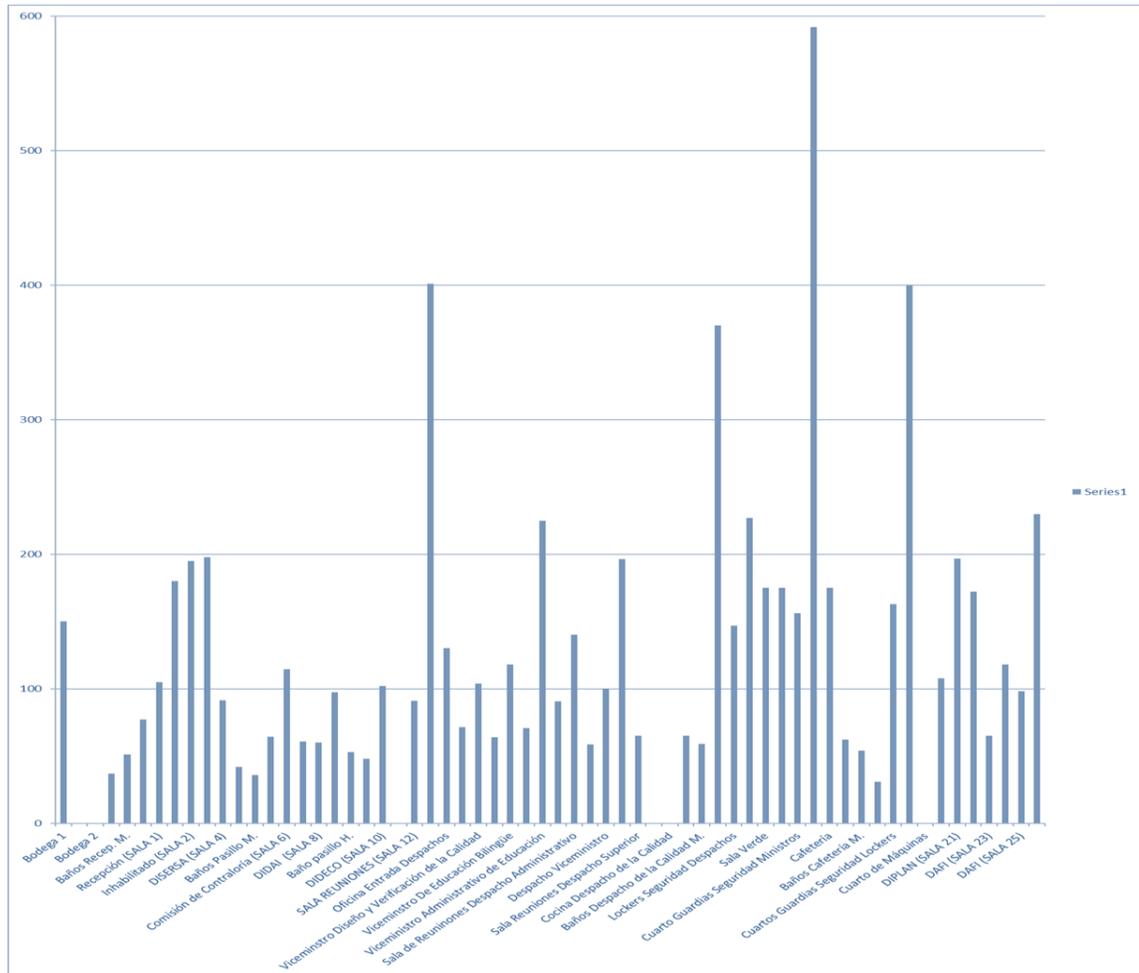
- La eficiencia se determinó utilizando como base el total de luminarias instaladas en buen estado y las lámparas dañadas.
- Las lámparas instaladas son en su mayoría de tipo fluorescente de 65 watts con difusor acrílico blanco, a una altura de 4 metros sobre el nivel del piso con una temperatura de nivel cálido.
- Todas las luminarias tienen un control de encendido por medio de interruptor *on/off*.

Como base para el estudio de iluminación y eficiencia lumínica que se realizó se tomó como base el reglamento de salud y seguridad ocupacional emitido en el Acuerdo Gubernativo 33-2016 por el Ministerio de Trabajo y Previsión Social.

A continuación, se pueden observar los datos obtenidos en las mediciones de luxes realizadas en los diferentes puestos de trabajo de cada área y con el promedio se realizó la gráfica de la figura 10 que nos permite identificar los puntos con mayor problema, por ejemplo se ve que las salas 17 y 18 que

corresponden a DINFO se encuentran por encima del nivel lumínico recomendado, lo que provoca un poco de saturación lumínica; por el contrario todas las demás áreas tienen en promedio un nivel muy por debajo del nivel requerido, a pesar de tener en la mayoría de áreas, ventanales de gran tamaño, la iluminación no es la adecuada ya que en su mayoría estas ventanas tienen obstáculos que bloquean el paso de luz, en algunos casos porque la luz solar es directa en los lugares de trabajo por lo que optan mejor por bloquear la misma colocando papel en las ventanas o muebles de gran tamaño. Además, la iluminación utilizada en todas las áreas está a una altura de 4 metros a nivel del piso y en su mayoría son lámparas fluorescentes con difusor blando que ya se encuentran sucios y en mal estado lo que no brinda una iluminación adecuada.

Figura 10. **Medición de luxes en áreas de trabajo**



Fuente: elaboración propia.

Los lugares que presentan los niveles más bajos son:

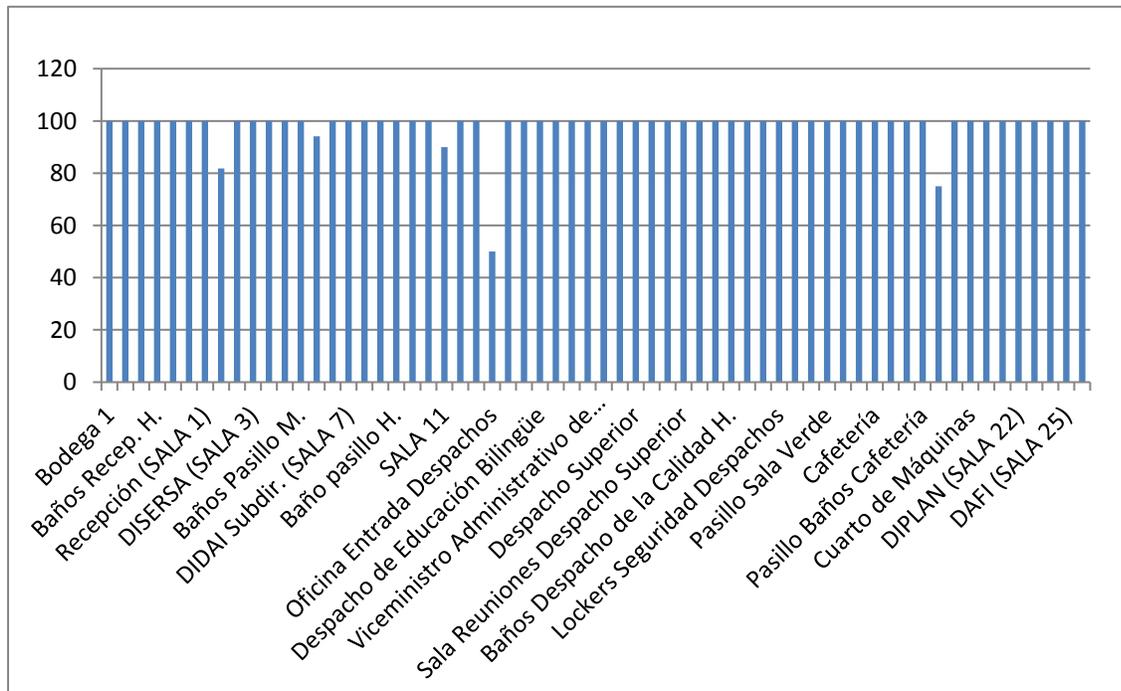
- Sala 11: con un promedio de 44,75 luxes es el más bajo ya que esta área presenta una parte sin ventanas y con las luminarias a 4 metros de altura, la incidencia lumínica en el nivel de trabajo es muy baja.
- Sala asesores de ministro: con un promedio de 58 luxes es el segundo lugar que presenta los niveles más bajos es el área donde se encuentran

las asesoras del ministro, esta área cuenta con 20 luminarias de tipo CFL y con 5 luminarias led de sobreponer cada una para 4 tubos led con difusor parabólico.

- Sala 7 y 8 DIDAI: con un promedio de 60 luxes ambas salas se encuentran entre las más bajas.

Para medir el nivel de eficiencia se tomaron en cuenta las luminarias que están funcionando correctamente comparadas con las que están dañadas al momento de realizar la inspección y conteo de estas; abajo se puede observar gráficamente los resultados, que en su mayoría indican un buen mantenimiento de las luminarias.

Figura 11. **Eficiencia de luminarias en áreas de trabajo**



Fuente: elaboración propia.

## 5. HÁBITOS DE CONSUMO

Para determinar los hábitos de consumos energéticos generales del personal que labora en el Ministerio de Educación, se elaboró una encuesta con preguntas enfocadas a la utilización de los equipos electrónicos y de esta manera conocer el impacto de estos en el gasto energético del edificio, así como las pérdidas debido a la mala utilización o de la falta de conocimiento con respecto a las maneras de ahorro y eficiencia energética.

A continuación, se muestran las preguntas de la encuesta realizada, así como los resultados obtenidos. Cabe hacer notar que la pregunta 1 se hizo con la finalidad de comprobar que las personas encuestadas trabajan en el Edificio 1 que es el que se está analizando en este informe, por lo que las respuestas obtenidas a continuación corresponden solamente al personal de dichas instalaciones.

Tabla XXXVII. **Resumen de respuestas de encuesta**

PREGUNTAS		RESPUESTAS	TOTALES	PORCENTAJE
1	¿En qué Edificio del Ministerio de Educación labora usted?	<b>Edificio 1</b>	<b>40</b>	<b>100 %</b>
		Edificio 2	0	0 %
2	¿Cuál es su horario regular de trabajo?	De 8:00 a 17:00 hrs.	7	18 %
		De 7:00 a 16:00 hrs.	1	2 %
		<b>De 9:00 a 18:00 hrs.</b>	<b>32</b>	<b>80 %</b>
3	¿Al salir de una habitación acostumbra apagar las luces?	<b>Siempre</b>	<b>25</b>	<b>63 %</b>
		Casi Siempre	11	28 %
		A veces	2	5 %
		Casi nunca	0	0 %
		Nunca	2	5 %
4	¿Cuál considera que es el mayor problema en el sistema eléctrico en su oficina?	Tomacorrientes	12	32 %
		Equipos Electrónicos	2	5 %
		<b>Iluminación</b>	<b>16</b>	<b>43 %</b>
		Otros	7	19 %
5	¿Utiliza usted la opción de ahorro de energía?	<b>Si</b>	<b>19</b>	<b>48 %</b>
		No	5	13 %
		Algunos	16	40 %

Continuación de la tabla XXXVII.

6	¿Qué equipos utiliza con ahorro de energía?	<b>Computadora</b>	<b>30</b>	<b>29 %</b>
		Impresora	16	16 %
		Fotocopiadora	14	14 %
		Laptop	7	7 %
		Escáner	10	10 %
		Refrigeradora	2	2 %
		Monitor	19	19 %
		OtrosTROS	4	4 %
7	¿En qué rango de horario enciende su computadora durante el día?	<b>Entre las 7:00 y 9:00 hrs.</b>	<b>39</b>	<b>100 %</b>
		Entre las 13:00 y 15:00 hrs.	0	0 %
		despues de 16:00 hrs.	0	0 %
8	¿A qué hora suele apagar su computadora?	Entre las 12:00 y 14:00 hrs.	4	10 %
		<b>Entre las 16:00 y 18:00 hrs.</b>	<b>26</b>	<b>63 %</b>
		Nunca	11	27 %
9	Si pasan largos períodos de tiempo (1 o 2 horas) sin usar su computadora usualmente usted:	La apaga	1	3 %
		<b>La deja suspendida</b>	<b>27</b>	<b>68 %</b>
		La deja encendida	12	30 %
10	¿En su oficina se utiliza el aire acondicionado?	Si	8	20 %
		<b>No</b>	<b>32</b>	<b>80 %</b>
11	¿A qué temperatura se mantiene el termostato del aire acondicionado normalmente?	<b>23°</b>	<b>3</b>	<b>38 %</b>
		<b>18°</b>	<b>3</b>	<b>38 %</b>
		Otros	2	25 %
12	¿Se suele mantener las puertas y ventanas abiertas mientras se utiliza el aire acondicionado?	Si	4	50 %
		No	4	50 %
13	¿Qué aparatos diría usted que permanecen enchufados después de terminar la jornada laboral?	<b>Computadora</b>	<b>34</b>	<b>20 %</b>
		Horno Microondas	30	17 %
		Cafetera	10	6 %
		Cargador de Celular	5	3 %
		Cargador de laptop	4	2 %
		Refrigeradora	23	13 %
		Impresora	32	19 %
		Fotocopiadora	30	17 %
Otros	4	2 %		
14	¿Imprime a doble cara y en blanco y negro cuando es posible?	Siempre	17	43 %
		<b>A veces</b>	<b>19</b>	<b>48 %</b>
		Nunca	4	10 %
15	¿Conoce usted algún plan de ahorro enegético para su lugar de trabajo?	Si	10	26 %
		<b>No</b>	<b>29</b>	<b>74 %</b>
16	¿Separa los residuos para reciclar?	<b>Si</b>	<b>27</b>	<b>68 %</b>
		No	13	33 %
17	¿Vería positivo que se utilice una tecnología de energía renovable para suministrar energía a las oficinas?	<b>Si</b>	<b>40</b>	<b>100 %</b>
		No	0	0 %
18	¿Estaría de acuerdo con que se realicen campañas informáticas como parte de un plan de ahorro energético?	<b>Si</b>	<b>39</b>	<b>100 %</b>
		No	0	0 %
19	¿Estaría dispuesto a cambiar algunos hábitos de consumo para reducir el gasto de energía total del edificio?	<b>Si</b>	<b>37</b>	<b>93 %</b>
		No	0	0 %
		Tal vez	3	8 %

Fuente: elaboración propia.

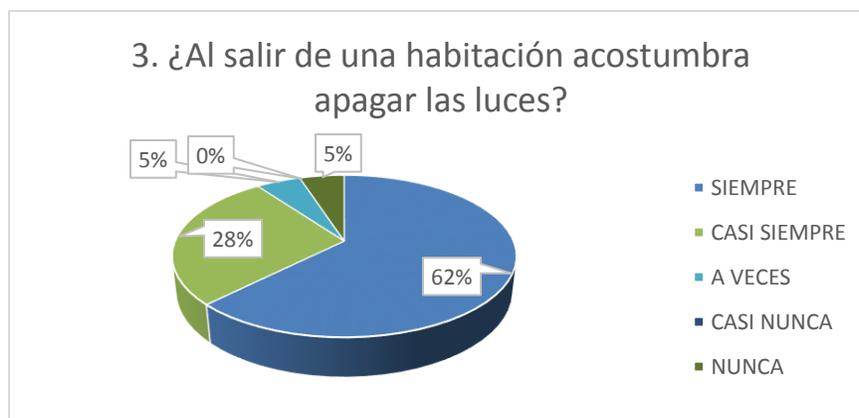
Para una mejor visualización de las respuestas y con ello analizar los hábitos de consumo eléctrico, y algunas malas prácticas que se llevan a cabo en el manejo de la eficiencia energética; a continuación, se puede observar gráficamente las respuestas obtenidas y cada porcentaje.

Figura 12. **Pregunta 2. ¿Cuál es su horario regular de trabajo?**



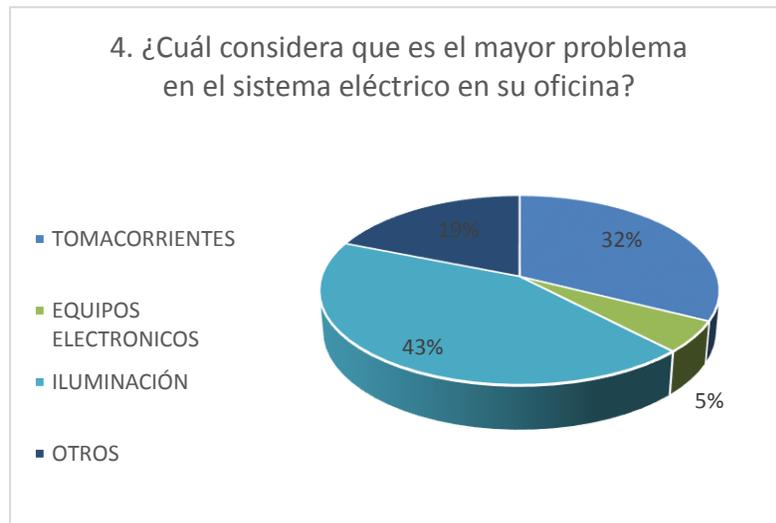
Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Pregunta 3. ¿Al salir de una habitación acostumbra a apagar las luces?**



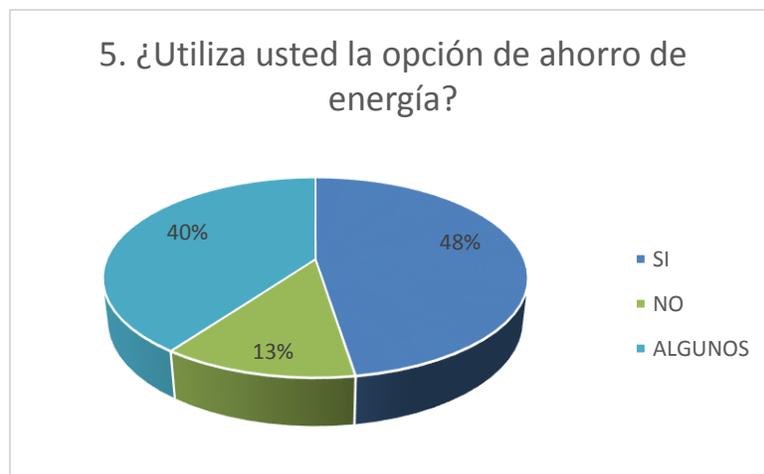
Fuente: elaboración propia.

Figura 14. **Pregunta 4. ¿Cuál considera que es el mayor problema en el sistema eléctrico en su oficina?**



Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **Pregunta 5. ¿Utiliza usted la opción de ahorro de energía?**



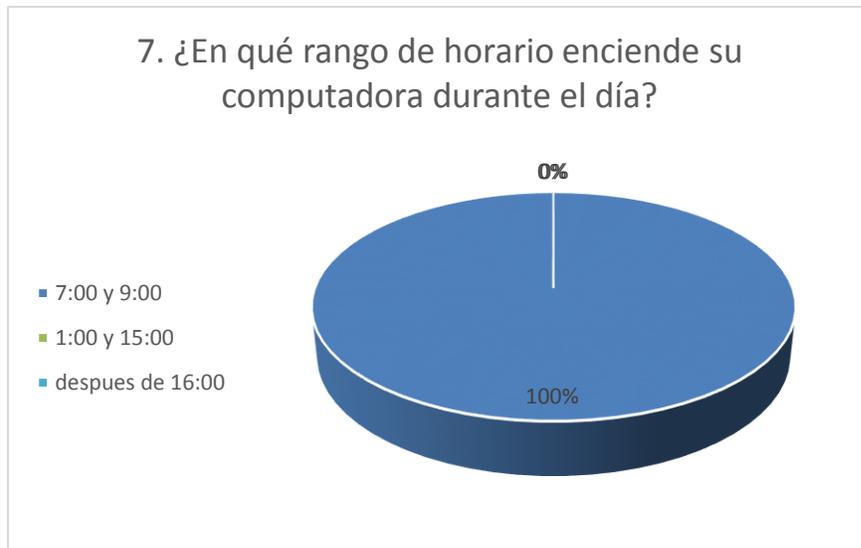
Fuente: elaboración propia.

Figura 16. **Pregunta 6. ¿Qué equipos utiliza con ahorro de energía?**



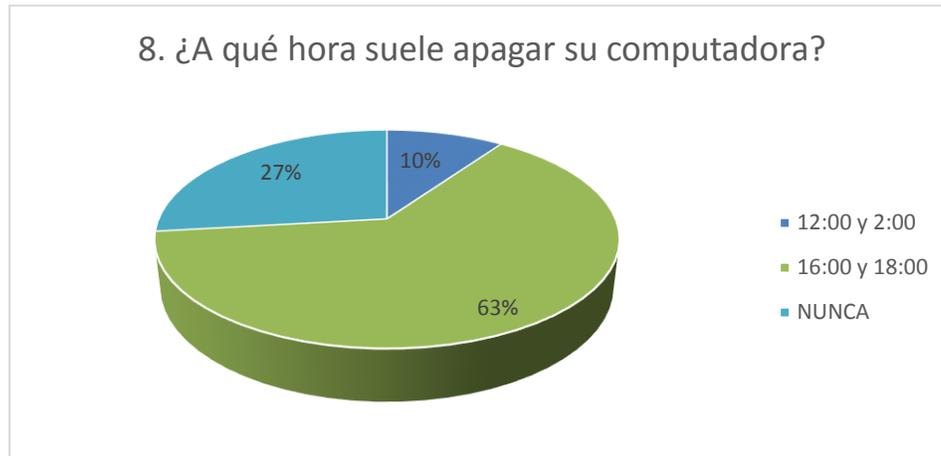
Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Pregunta 7. ¿En qué rango de horario enciende su computadora durante el día?**



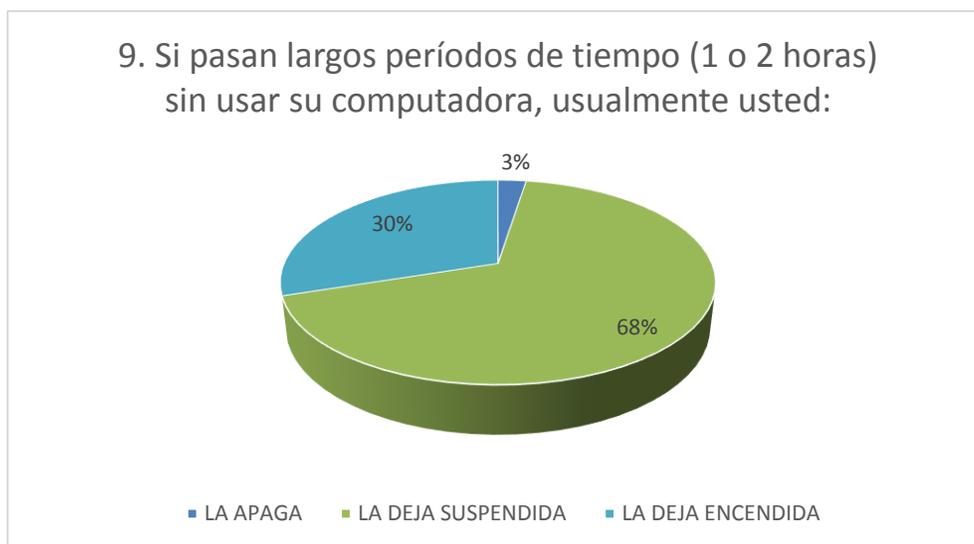
Fuente: elaboración propia.

Figura 18. **Pregunta 8. ¿A qué hora suele apagar su computadora?**



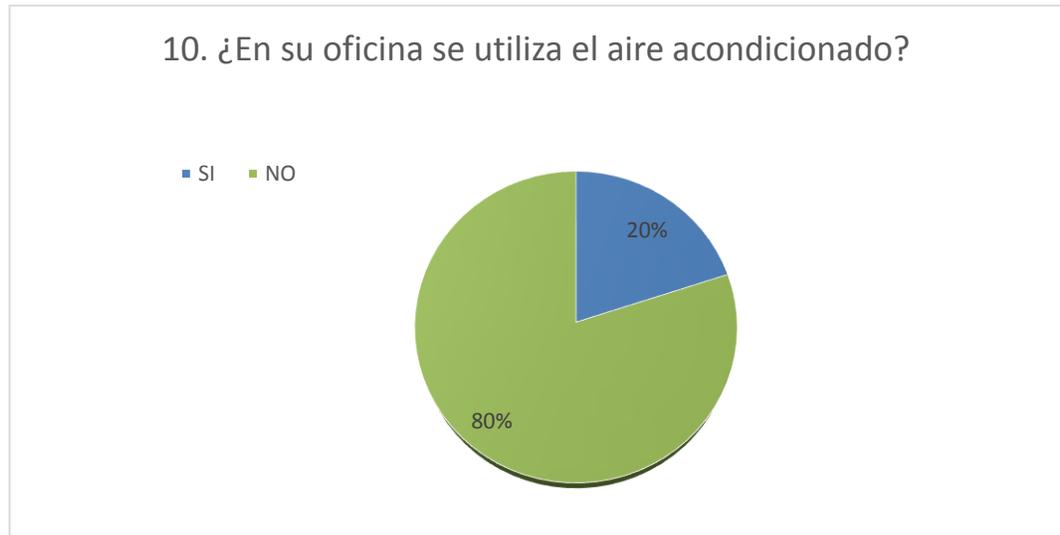
Fuente: elaboración propia.

Figura 19. **Pregunta 9. Si pasan largos períodos de tiempo sin usar su computadora, usualmente usted:**



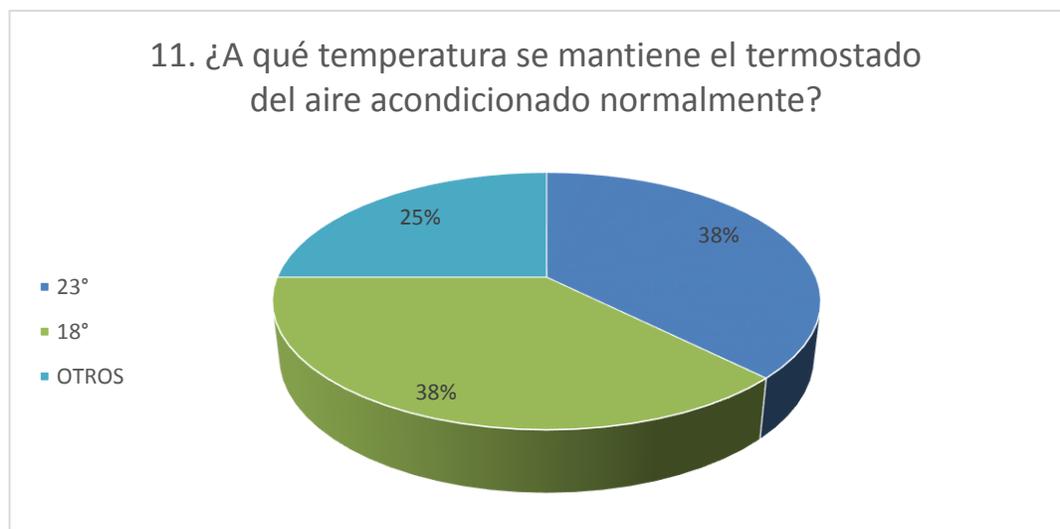
Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Pregunta 10. ¿En su oficina se utiliza el aire acondicionado?**



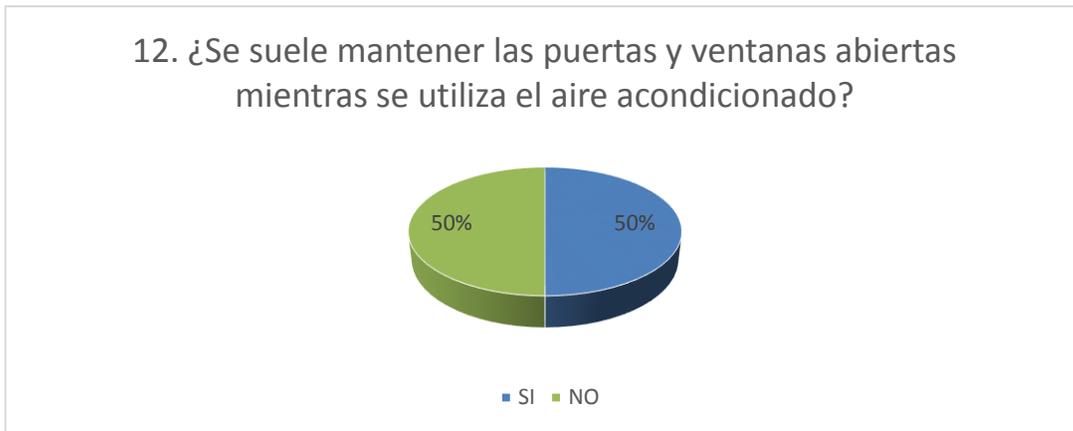
Fuente: elaboración propia.

Figura 21. **Pregunta 11. ¿A qué temperatura se mantiene el termostato del aire acondicionado normalmente?**



Fuente: elaboración propia.

Figura 22. **Pregunta 12. ¿Se suele mantener las puertas y ventanas abiertas mientras se utiliza el aire acondicionado**



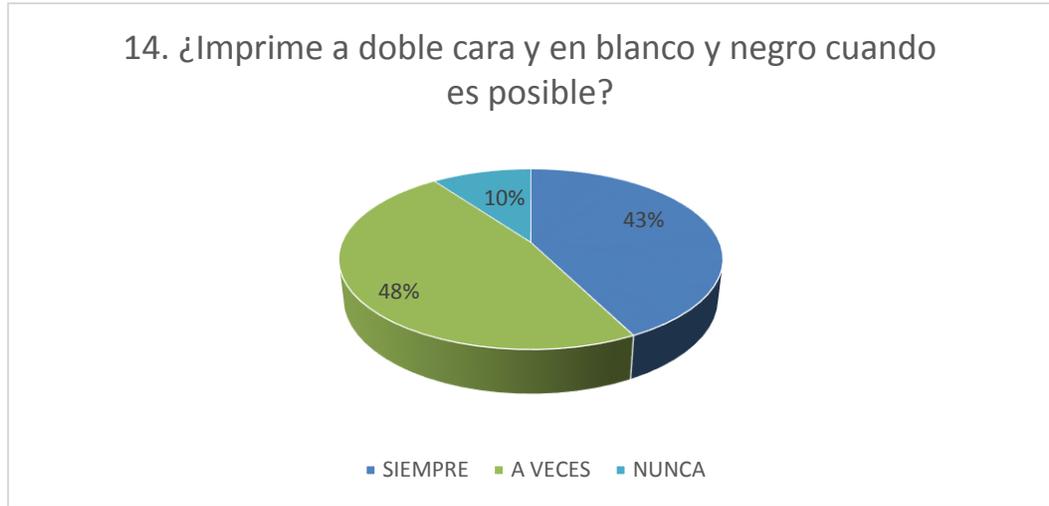
Fuente: elaboración propia.

Figura 23. **Pregunta 13. ¿Qué aparatos diría usted que permanecen enchufados después de la jornada laboral?**



Fuente: elaboración propia.

Figura 24. **Pregunta 14. ¿Imprime a doble cara y en blanco y negro cuando es posible?**



Fuente: elaboración propia.

Figura 25. **Pregunta 15. ¿Conoce usted algún plan de ahorro energético para su lugar de trabajo?**



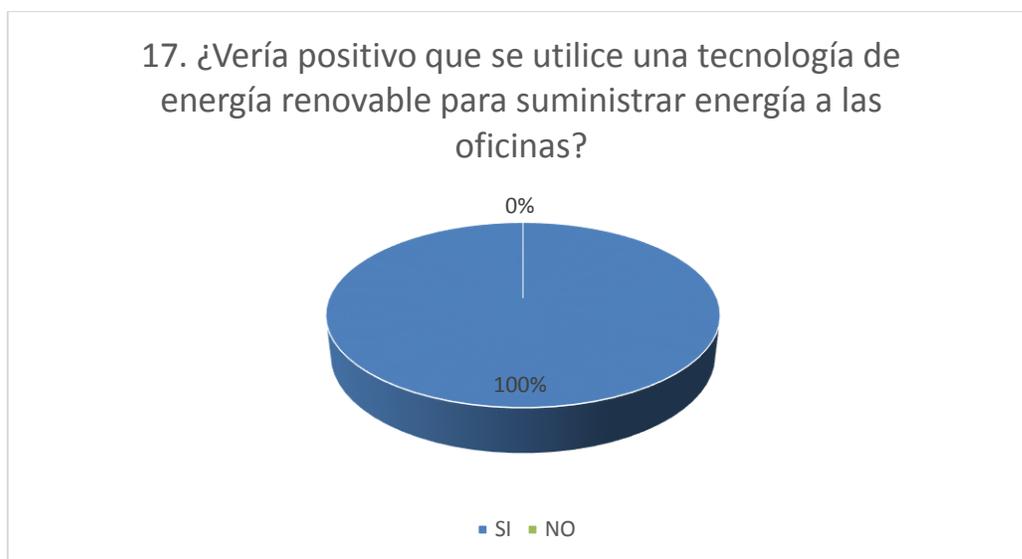
Fuente: elaboración propia.

Figura 26. **Pregunta 16. ¿Separa los residuos para reciclar?**



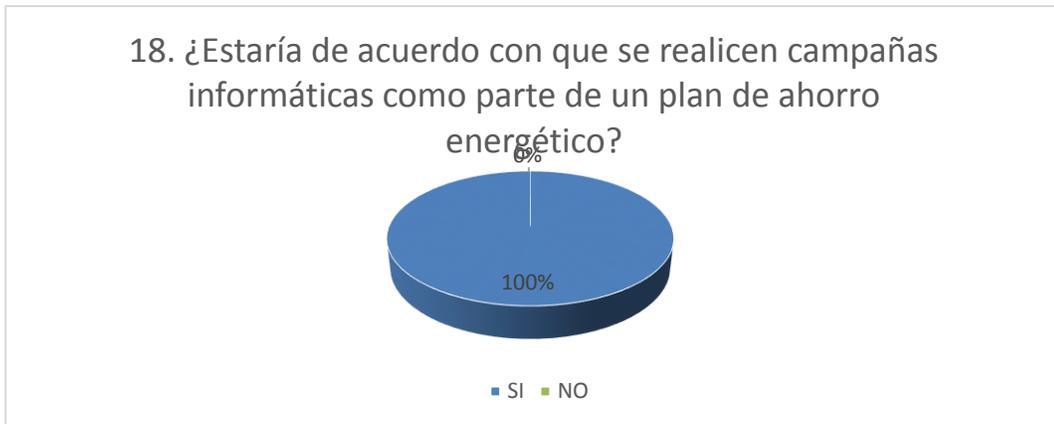
Fuente: elaboración propia.

Figura 27. **Pregunta 17. ¿Vería positivo que se utilice una tecnología de energía renovable para suministrar energía a las oficinas?**



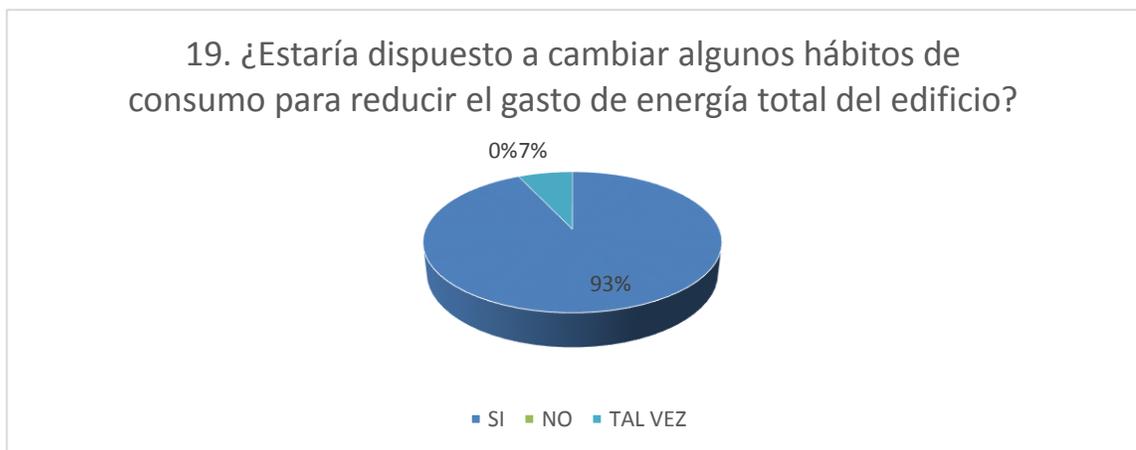
Fuente: elaboración propia.

Figura 28. **Pregunta 18. ¿Estaría de acuerdo con que se realicen campañas informáticas como parte de un plan de ahorro energético?**



Fuente: elaboración propia.

Figura 29. **Pregunta 19. ¿Estaría dispuesto a cambiar algunos hábitos de consumo para reducir el gasto de energía total el edificio?**



Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse en los datos obtenidos, existen algunos hábitos que pueden mejorar, como lo es el uso de la opción de ahorro de energía de los aparatos electrónicos, o el mantener las puertas y ventanas abiertas mientras se utiliza el aire acondicionado, lo cual la mitad de las personas encuestadas que utilizan aire acondicionado aceptan que no se mantiene cerrado el ambiente, con lo que se aumenta la pérdida de aire. La mayoría de las personas están dispuestas a cambiar estos hábitos, y el 100 % están de acuerdo en implementar una fuente de energía renovable para suministrar la energía al edificio. También el 100 % apoya que se realicen campañas informáticas por medio de las cuales se podría concientizar a los empleados de la necesidad de mejorar las prácticas de consumo, de reciclaje y ahorro de energía.

## 6. ANÁLISIS DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Para reducir los gastos de consumos energéticos, es necesario realizar un análisis detallado del comportamiento de los parámetros eléctricos, por lo que se realizaron mediciones periódicas durante una semana en el tablero principal del edificio 1 del Ministerio de Educación.

A continuación, se muestra la configuración de dicho tablero:

Tabla XXXVIII. Descripción de ramales conectados al tablero principal

Tablero <i>General Electric</i> tipo CCB							
Distribución de <i>breakers</i> en tablero principal							
Conductores por fase en la alimentación principal: 3 NO. 350 kcmil							
	Ubicación	Identificación	Marca	Ampacidad	Catálogo	Cantidad de fases	Número de calibre empleado
F1	IZQUIERDA	T1	GENERAL ELECTRIC	150	TQD32150	3	1/0
F3		T7	GENERAL ELECTRIC	200	TQD32200	3	350 kcmil
F5		T2	GENERAL ELECTRIC	60	TEB132060	3	6
F7		T5	GENERAL ELECTRIC	100	TEB132100	3	3/0
F9		T8	GENERAL ELECTRIC	100	TEB132100	3	1/0
F11		T3	GENERAL ELECTRIC	100	TEB132100	3	1/0
F12		AC DINFO	GENERAL ELECTRIC	150	TQD22150	3	1/0
F2	DERECHA	T4	GENERAL ELECTRIC	200	TQD32200	3	1/0
F4		AC1	GENERAL ELECTRIC	150	TQD32150	3	1/0
F6		--	GENERAL ELECTRIC	150	TQD32150	2	8
F8		--	GENERAL ELECTRIC	60	TED134060WB	2	6
F10		BOMBAS	GENERAL ELECTRIC	60	TEB132060	3	6
F12		DINFO UPS	GENERAL ELECTRIC	70	TEB122070	1	4
F14		DINFO	GENERAL ELECTRIC	100	TEB122100WL	1	2

Fuente: elaboración propia.

Para tener un mejor panorama del comportamiento de las cargas, voltajes y corrientes en las instalaciones eléctricas del edificio 1 del Ministerio de Educación se realizaron una serie de mediciones periódicas en un tiempo de muestra de 1 semana laboral normal, utilizando un analizador trifásico de calidad de energía eléctrica, el cual fue colocado en el tablero principal del edificio 1 del Ministerio de Educación. Tomando muestras cada 15 segundos de los diferentes parámetros medidos, para luego analizar las estadísticas y gráficas de dichos datos y se obtuvieron las tablas que se muestran a continuación.

## **6.1. Análisis de voltaje**

Por medio del voltaje se pueden verificar problemas de sobretensión que se presentan en la red, por lo que analizar voltajes de línea a línea y de línea a neutro es muy importante y a continuación se analizan las mediciones máximas, mínimas y promedios de estos parámetros.

### **6.1.1. Voltaje línea 1 – neutro**

El voltaje para la línea 1 a neutro se mantuvo en un valor promedio de 120,9 voltios, mientras que el valor máximo registrado es de 122,82 voltios el viernes 19 de enero a las 20:57:46 y el valor mínimo de 118.23 voltios un lunes 22 de enero 2018 a las 10:34:16 a.m. Por lo que se puede observar que los valores de voltaje se mantienen en un rango de +/- 2,35 % aproximadamente del valor requerido que es de 120V.

Tabla XXXIX. **Resumen de medición de voltaje de línea 1 a neutro**

VRMS FASE-NEUTRO L1N			
FECHA	HORA	VOLTIOS	CARACTERISTICAS
		120,915	PROMEDIO
19/01/2018	20:57:46	122,82	MÁXIMO
22/01/2018	10:34:16	118,23	MÍNIMO

Fuente: elaboración propia.

### 6.1.2. Voltaje línea 2 – neutro

El valor promedio del voltaje para la línea 2 a neutro se mantiene en un valor de 120,91 voltios, el valor máximo llegó a 122,96 voltios un lunes 22 de enero 2018 a las 16:47 horas. mientras que el valor mínimo se registró el viernes 19 de enero 2018 a las 6:02 horas. y fue de 118,39 voltios. Los valores de voltaje estuvieron oscilando en un rango de +/- 2,38 %.

Tabla XL. **Resumen de medición de voltaje de línea 2 a neutro**

VRMS FASE-NEUTRO L2N			
FECHA	HORA	VOLTIOS	CARACTERISTICAS
		120,912	PROMEDIO
22/01/2018	16:47:06	122,86	MÁXIMO
19/01/2018	06:02:36	118,39	MÍNIMO

Fuente: elaboración propia.

### 6.1.3. Voltaje línea 3 – neutro

En la línea 3 a neutro se registró un valor promedio de 120,66 voltios. El valor máximo se dio el lunes 22 de enero 2018 a las 00:22 horas. y fue de

122,82 voltios mientras que el valor mínimo sucedió el jueves 18 de enero 2018 a las 9:05 horas. con un valor de 117,93 voltios. Estos valores oscilan en un rango de +/- 2,35 %.

Tabla XLI. **Resumen de medición de voltaje de línea 3 a neutro**

VRMS FASE-NEUTRO L3N			
FECHA	HORA	VOLTIOS	CARACTERISTICAS
		120,662	PROMEDIO
22/01/2018	00:22:14	122,82	MÁXIMO
18/01/2018	09:05:26	117,93	MÍNIMO

Fuente: elaboración propia.

#### 6.1.4. Voltaje neutro – tierra

El valor promedio de voltaje de neutro a tierra es de 0,52 voltios y se registró un máximo de 1,49 voltios el jueves 18 de enero 2018 a las 13:00 horas. El valor mínimo se registró el sábado 20 de enero 2018 a las 9:44 horas y fue 0,15 voltios. La medición ideal sería de cero, sin embargo, el valor de 1,49 voltios da la impresión de que la conexión de tierra no está en óptimas condiciones lo que provoca que se eleve un poco el voltaje de neutro a tierra.

Tabla XLII. **Resumen de medición de voltaje de neutro a tierra**

VRMS FASE-NEUTRO NEUTRO-TIERRA			
FECHA	HORA	VOLTIOS	CARACTERISTICAS
		0,523184	PROMEDIO
18/01/2018	13:00:56	1,49	MÁXIMO
20/01/2018	09:44:16	0,15	MÍNIMO

Fuente: elaboración propia.

### 6.1.5. Voltaje línea 1 – línea 2

El voltaje de línea 1 a línea 2 promedio es de 209,86 voltios, el valor máximo fue de 212,84 y se presentó el domingo 21 de enero 2018 a las 20:52 horas. El valor mínimo fue de 205,58 el sábado 23 de enero 2018 a las 14:18 horas. El error para estos valores oscila entre +/- 2,33 % tomando en cuenta que el valor debería ser de 208V.

Tabla XLIII. Resumen de mediciones de voltaje de línea 1 a línea 2

VRMS FASE-FASE L12			
FECHA	HORA	VOLTIOS	CARACTERISTICAS
		209,861	PROMEDIO
21/01/2018	20:52:56	212,84	MÁXIMO
23/01/2018	14:18:26	205,58	MÍNIMO

Fuente: elaboración propia.

### 6.1.6. Voltaje línea 2 – línea 3

El valor promedio de voltaje de línea 2 a línea 3 es de 208,55 voltios. El valor máximo es de 211,9 voltios y se presentó el domingo 21 de enero 2018 a las 23:32 horas, mientras que el valor mínimo de 204,06 voltios se presentó el lunes 22 de enero 2018 a las 10:09 horas. Estos valores oscilan en un rango de +/- 2,14 % de su valor nominal de 208V.

Tabla XLIV. **Resumen de mediciones de voltaje de línea 2 a línea 3**

VRMS FASE-FASE L23			
FECHA	HORA	VOLTIOS	CARACTERISTICAS
		208,55	PROMEDIO
21/01/2018	23:32:56	211,9	MÁXIMO
22/01/2018	10:09:36	204,06	MÍNIMO

Fuente: elaboración propia.

### 6.1.7. Voltaje línea 3 – línea 1

El valor promedio de voltaje de la línea 3 a línea 1 es de 209,206 voltios. El valor máximo de 212,46 se observó el 22 de enero 2018 a las 22:14 horas, y el valor mínimo de 204,91 se presentó el 19 de enero 2018 a las 10:14 horas. Con un error de +/-1,88 % de su valor nominal que es de 208V.

Tabla XLV. **Resumen de mediciones de voltaje de línea 3 a línea 1**

VRMS FASE-FASE L31			
FECHA	HORA	VOLTIOS	CARACTERISTICAS
		209,206	PROMEDIO
22/01/2018	22:14:06	212,46	MAXIMO
19/01/2018	10:14:16	204,91	MINIMO

Fuente: elaboración propia.

## 6.2. Análisis de corriente

Los valores de corriente pueden ser indicativos de los horarios en que se presenta la mayor demanda, asimismo, muestran desbalances que puedan

existir en la red, por lo que a continuación se analizan los valores de corriente en cada línea.

### 6.2.1. Corriente línea 1

El valor máximo de corriente se presentó el lunes 22 de enero 2018 a las 15:51:56 horas y fue de 253,6 amperios, lo que nos indica que el lunes se puede presentar mayor demanda en esta línea. El valor mínimo fue de 31,2 amperios y se presentó el sábado 20 de enero 2018 a las 15:27:56 lo cual nos indica que el fin de semana se produce una baja considerable en la demanda, tal y como es de esperarse. El valor promedio de corriente para esta línea fue de 87,37 amperios.

Tabla XLVI. **Resumen de medición de corriente en la línea 1**

CORRIENTE L1			
FECHA	HORA	AMPERIOS	CARACTERISTICAS
		87,3754	PROMEDIO
22/01/2018	15:51:56	253,6	MÁXIMO
20/01/2018	15:27:56	31,2	MÍNIMO

Fuente: elaboración propia.

### 6.2.2. Corriente línea 2

El jueves 18 de enero 2018 se presentó el valor máximo para la corriente en la línea 2 con un valor de 173,2 amperios, esto sucedió a las 12:53:26 lo que indica que a esa hora se tiene la mayor demanda en la línea 2. El valor mínimo se presentó a las 12:02 del sábado 20 de enero 2018. El valor promedio de corriente de la línea 2 es de 60,56 amperios con lo que podemos determinar que en esta línea se tiene la menor carga conectada.

Tabla XLVII. **Resumen de medición de corriente en la línea 2**

CORRIENTE L2			
FECHA	HORA	AMPERIOS	CARACTERISTICAS
		60,5682	PROMEDIO
18/01/2018	12:53:26	173,2	MÁXIMO
20/01/2018	12:02:16	12,1	MÍNIMO
20/01/2018	17:01:26	12,1	MÍNIMO

Fuente: elaboración propia.

### 6.2.3. Corriente línea 3

El jueves 18 de enero 2018 se presentó el valor máximo para la corriente en la línea 3 con un valor de 277,1 amperios, esto sucedió a las 12:55:46 lo que indica que a esa hora se tiene la mayor demanda en la línea 3. El valor mínimo se presentó a las 09:00 del domingo 21 de enero 2018. El valor promedio de corriente de la línea 3 es de 105,392 amperios con lo que podemos determinar que en esta línea se tiene la mayor carga conectada.

Tabla XLVIII. **Resumen de medición de corriente en la línea 3**

CORRIENTE L3			
FECHA	HORA	AMPERIOS	CARACTERISTICAS
		105,392	PROMEDIO
18/01/2018	12:55:46	277,1	MÁXIMO
21/01/2018	09:00:26	30,3	MÍNIMO

Fuente: elaboración propia.

La diferencia entre los valores máximos de corriente en cada línea se debe a que el sistema no se encuentra balanceado, lo que a su vez produce

que el voltaje de neutro a tierra no sea cero como es el ideal. Esto se arregla balanceando las cargas, es decir, distribuir la carga en las fases para que sean lo más equitativas posibles.

### 6.3. Análisis de potencia activa total

Utilizando siempre el medidor y analizador de energía eléctrica, se tomaron registros, durante 1 semana completa, de la potencia activa total del sistema y se obtuvieron los siguientes resultados: El valor promedio de potencia activa total fue de 28 051,7 watts, el valor mínimo registrado fue de 8 970 watts y como se esperaba se produjo el día sábado 20 de enero después de las 13:36 horas ya que después del medio día es cuando casi todo el personal se ha retirado, quedando solamente la seguridad. El valor máximo se registró el lunes 22 de enero a las 15:51 horas y fue de 71 490 watts lo que indica que los lunes después del medio día es cuando aumenta la demanda hasta pasado la hora de salida.

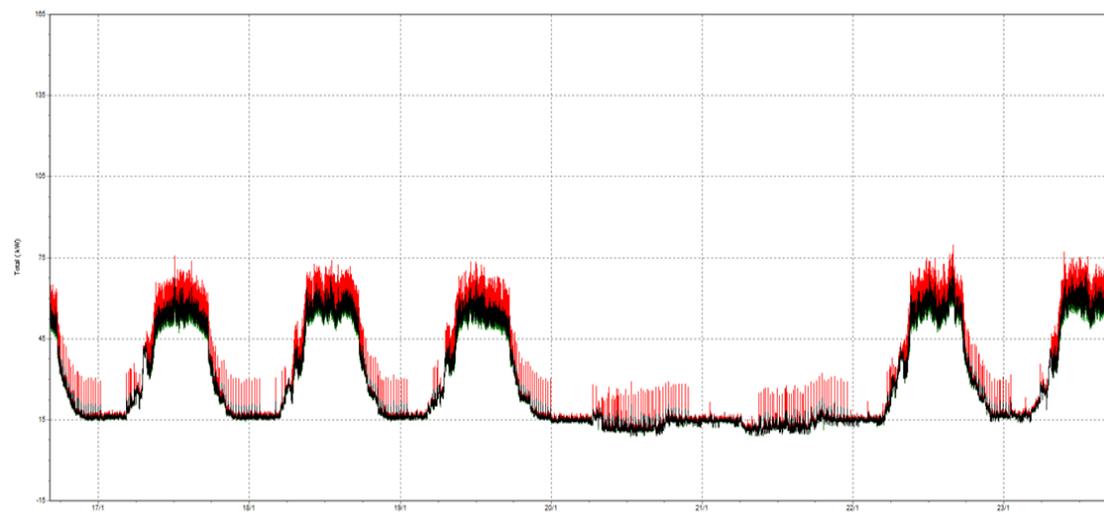
Tabla XLIX. **Resumen de medición de potencia total**

POTENCIA ACTIVA TOTAL			
FECHA	HORA	WATTS	CARACTERISTICAS
		28 051,70	PROMEDIO
22/01/2018	15:51:56	71 490,00	MÁXIMO
20/01/2018	13:36:56	8 970,00	MÍNIMO

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se puede observar gráficamente las fluctuaciones de la potencia activa total y como los fines de semana es notoria la baja de demanda, así como los días laborales antes de las 6:00 horas y después de las 18:00 horas.

Figura 30. **Gráfica de potencia activa total para la semana del 16 al 23 de enero 2018**



Fuente: elaboración propia, empleando software analizador *fluke II*.

#### 6.4. **Curvas de carga**

Para observar mejor el comportamiento de la potencia consumida se tiene a continuación la figura 31, que muestra la curva de carga del día con mayor demanda según los datos medidos de la semana del 16 al 23 de enero del 2018, el cual fue el lunes 22, con una potencia activa máxima de 71 490 kW.

Figura 31. **Curva de carga del lunes 22 de enero 2018**



Fuente. elaboración propia.

En la figura 31 se puede observar que a partir de las 5 a.m. se comienza a elevar la curva muy lentamente, y a partir de las 9:00 a.m. esta crece considerablemente ya que a esa hora comienzan las actividades laborales generales. Luego se observa que la curva se mantiene alrededor de los 60 000kW.

## 6.5. Análisis de factor de potencia

El factor de potencia, según los registros obtenidos en la semana del 16 al 23 de enero 2018, se mantuvo en un valor promedio de 0,8956. El valor máximo de factor de potencia fue de 0,95 y se presentó el sábado 20 de enero 2018 a las 8:29 horas y se mantuvo estable en el horario no laboral del Ministerio de Educación. El valor mínimo fue de 0,79 y se observó el jueves 18 de enero 2018 a las 6:52 horas. Estos valores se encuentran un poco bajos en la semana de medición, sin embargo, el factor de potencia mínimo registrado se presenta de forma esporádica, es decir que no es permanente.

Tabla L. **Resumen de medición de factor de potencia**

FACTOR DE POTENCIA			
FECHA	HORA	ADIMENSIONAL	CARACTERISTICAS
		0,895673	PROMEDIO
20/01/2018	08:29:46	0,95	MÁXIMO
18/01/2018	06:52:26	0,79	MÍNIMO

Fuente: elaboración propia.

El valor promedio mostrado se aproxima a 0,9 que es el valor mínimo requerido por la empresa eléctrica para no recibir penalización por bajo factor de potencia, con lo cual se puede decir que están muy cerca; sin embargo, según los registros de facturación el factor de potencia mensual se mantiene cerca de 0,997 por lo que, por el momento no se corre riesgo de penalización por parte de la empresa eléctrica.

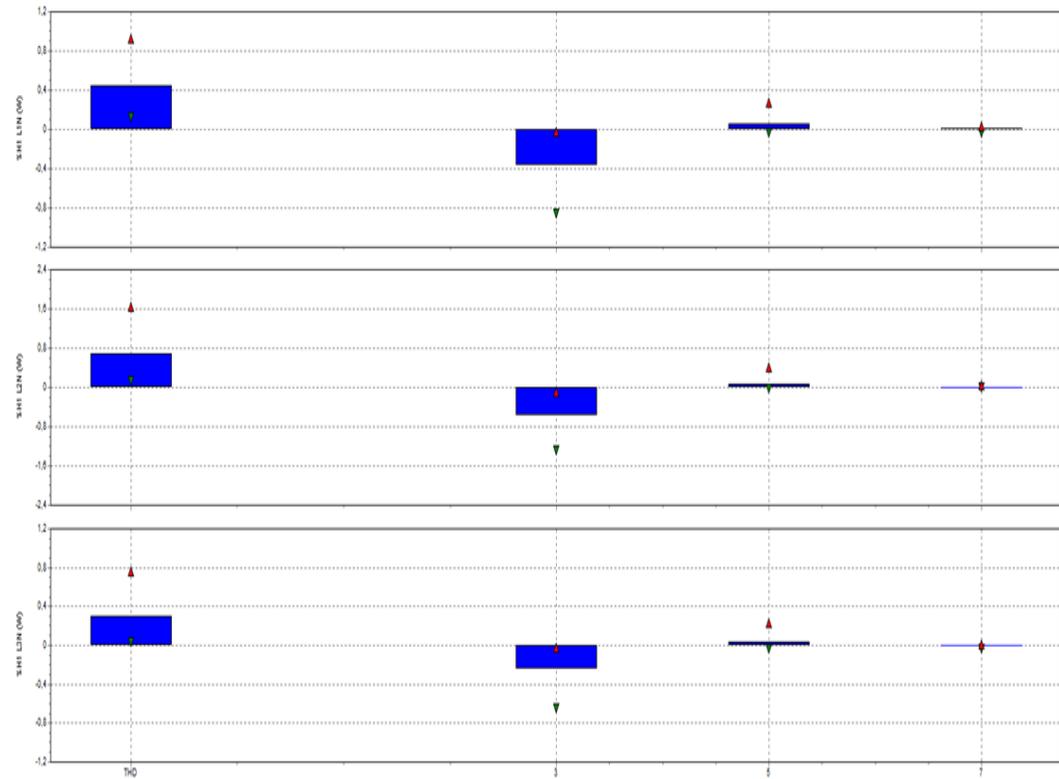
## **6.6. Análisis de armónicos**

La distorsión armónica es un tipo de ruido eléctrico que puede provocar perturbación al sistema, es decir, es una distorsión de la forma de onda sinusoidal de la medición eléctrica, ya sea corriente, voltaje y potencia, y estas perturbaciones producen algunas alteraciones y pérdidas en algunos equipos, como por ejemplo pérdidas por efecto joule en los transformadores y pérdidas magnéticas suplementarias. Es por esta razón que se realizó el análisis de armónicos por medio del equipo analizador *fluke* 430-II, para verificar si se encuentra dentro de los rangos permitidos según la Norma IEEE 519 1992.

### **6.6.1. Armónicos de potencia**

Para la potencia el análisis de armónicos realizado muestra un comportamiento bastante cercano a lo permitido, con valores de 0,4 % para la línea 1 a neutro, de distorsión armónica total, 0,7 % para la línea 2 a neutro y de 0,3 % para la línea 3 a neutro.

Figura 32. Histograma de armónicos de potencia THD, 3ra. 5ta. y 7ma.

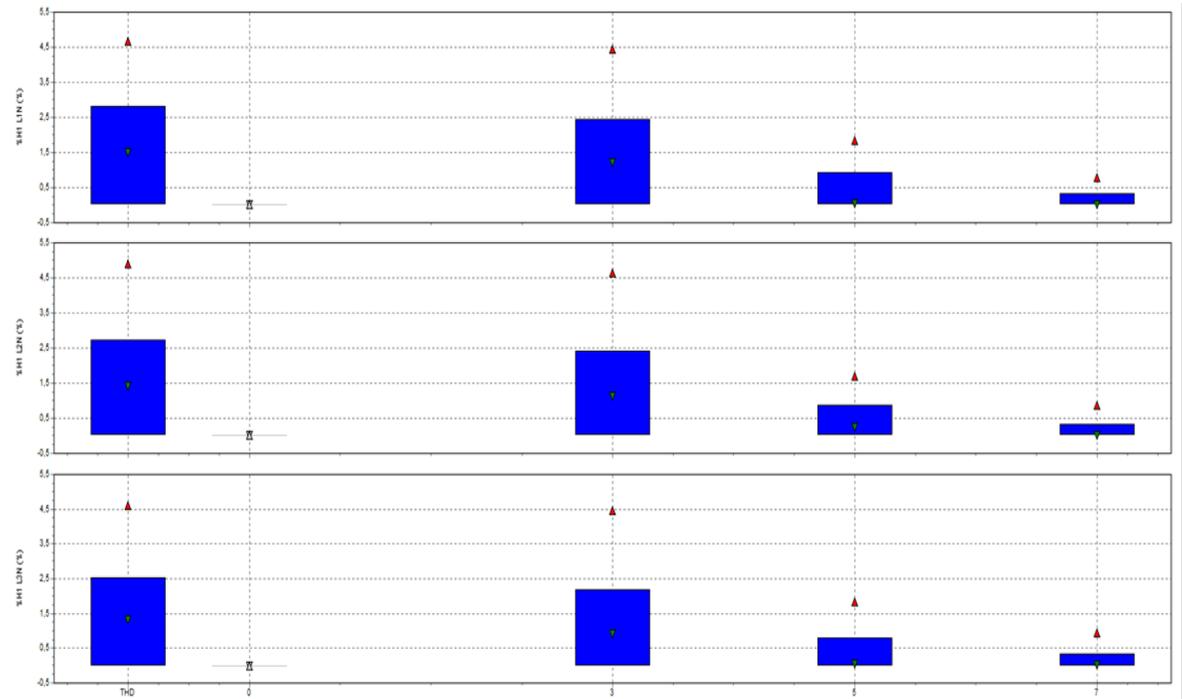


Fuente: elaboración propia.

### 6.6.2. Armónicos de voltaje

Como se puede observar en la gráfica la distorsión armónica total (TDH) para el voltaje oscila entre el 2,5 % y 2,7 % aproximadamente, por lo que se encuentra dentro de los valores permitidos que pueden ser de hasta 5 %.

Figura 33. Histograma de armónicos de voltaje THD, 3ra. 5ta. y 7ma.



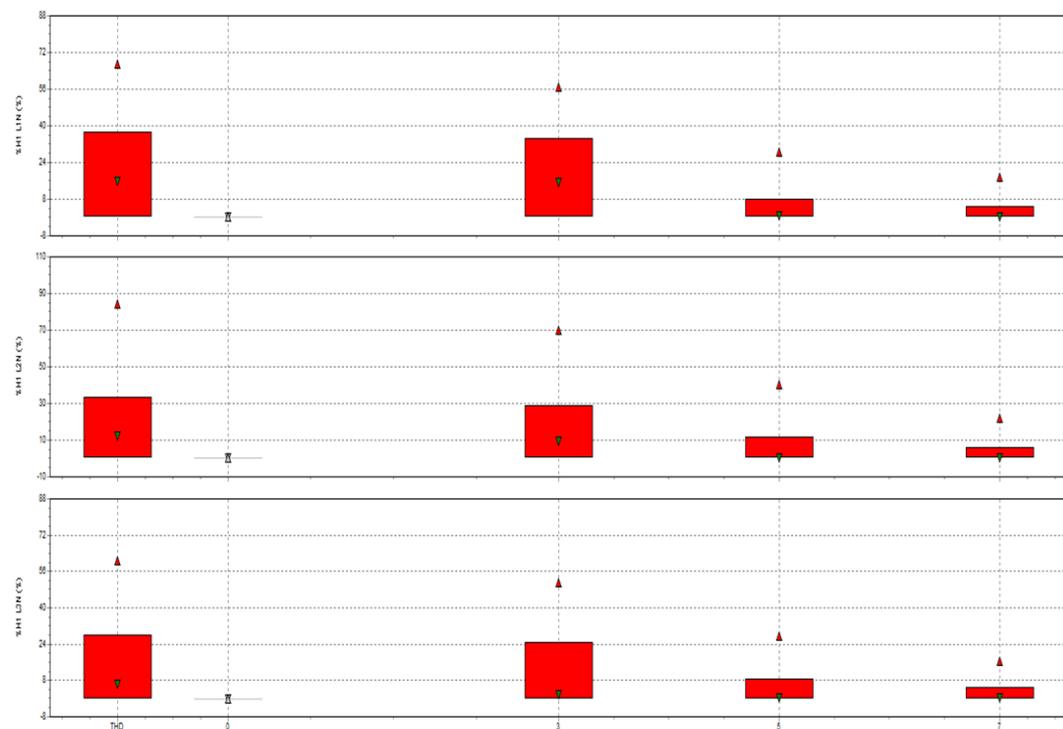
Fuente: elaboración propia.

### 6.6.3. Armónicos de corriente

Los armónicos de corriente dependen de la corriente de corto circuito y la corriente de carga y pueden llegar a medir hasta un 20 %, sin embargo, en las figuras 34 y 35 se puede observar que el nivel de armónicos de corriente están por encima del valor esperado o permitido, por lo que podemos concluir que existe un problema de armónicos en las 3 fases, lo cual puede ser provocado por un desbalance en las fases, así como por un problema en la puesta a tierra que puede no estar bien diseñada para el crecimiento que el edificio ha tenido en los últimos años.

Para la línea 1 tenemos que la corriente de distorsión armónica total es de alrededor de 40 %, la línea 2 asciende a un 35 %, y la línea 3 llega a un 31 % aproximadamente. Con estos datos se puede ver la necesidad de extender el estudio del comportamiento de armónicos, realizar un mejoramiento en la red de tierra y reducir la impedancia de ésta; y luego volver a realizar mediciones para verificar si ha mejorado, de lo contrario se deberá realizar un estudio más exhaustivo para comprobar que cargas son las que provocan la mayor cantidad de armónicos y de ser necesario colocar filtros para evitar armónicas.

Figura 34. **Histograma de armónicos de corriente THD, 3ra. 5ta. y 7ma.**

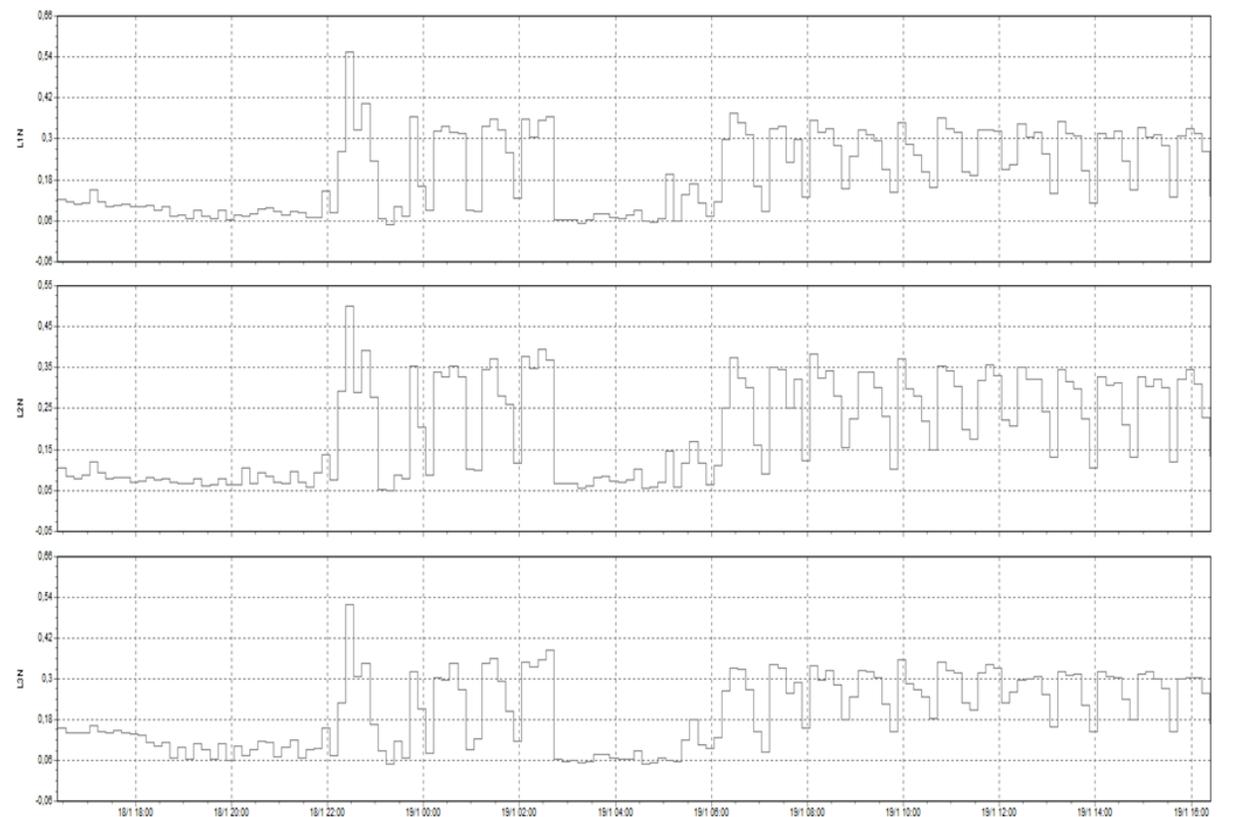


Fuente. elaboración propia.

## 6.7. Análisis de flickers

Los *flickers* son fluctuaciones en la red que pueden percibirse como variaciones en luminosidad de una lámpara, por ejemplo, estas fluctuaciones pueden ser molestas y se considera que son negativas cuando su medición arroja un valor mayor a 1. En el caso de las mediciones de *flickers* para el edificio 1 del Ministerio de Educación, se encontró que dichos valores ascendieron a 0,55 aproximadamente, lo que indica que no se han presentado problemas de *flickers*.

Figura 35. Medición de flickers



Fuente: medidor *fluke*.

## **6.8. Análisis termográfico**

El análisis termográfico se realiza con la finalidad de encontrar puntos de calentamiento en el sistema que pueden estar ocasionando pérdidas energéticas, por medio de mediciones térmicas a distancia y sin necesidad de contacto físico, lo cual se realiza estudiando la radiación infrarroja del espectro electromagnético, todo objeto con una temperatura superior al cero absoluto (-273.15°C o 0 Kelvin) emite radiación infrarroja, que se enfoca con el sistema óptico sobre un detector de infrarrojos de una cámara termográfica, este detector envía los datos al sensor electrónico para procesar una imagen térmica llamada termograma que en combinación con la imagen normal dan una imagen en donde se puede observar la diferenciación de colores que nos indican las diferentes temperaturas.

Las cámaras termográficas se utilizan principalmente para el mantenimiento predictivo de los equipos eléctricos y en este caso se utilizó en los diferentes tableros eléctricos del edificio 1 del Ministerio de Educación para determinar si alguno se encontraba fuera de los rangos de temperatura permitidos de acuerdo con la Norma NTC 2050.

A continuación, se observan los datos obtenidos en los tableros analizados y si están o no dentro del rango admisible. Algunos tableros no pudieron ser analizados con la cámara termográfica debido a que no se tuvo acceso a los mismos por motivos de seguridad interna y protocolar de la dirección del Ministerio de Educación. Sin embargo, se puede descartar algún problema en estos tableros al analizar el tablero principal y el punto de conexión de estos.

### 6.8.1. Sujeto a inspección: tablero principal

En la figura 36 se puede apreciar la imagen normal del tablero principal contra la imagen termográfica y claramente ver cuál es el área del tablero que presenta temperaturas mayores.

Figura 36. Imagen termográfica vrs. imagen normal del tablero principal



Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse, según las mediciones termográficas, los niveles de temperatura dentro del tablero principal se encuentran en los rangos permitidos que es de 60°C para amperajes de hasta 100 A de acuerdo con la Norma NTC 2050, la temperatura más alta registrada se encuentra en uno de los bornes de conexión del tablero 2 (*flipon 5*) al principal y es de 31,1 °C.

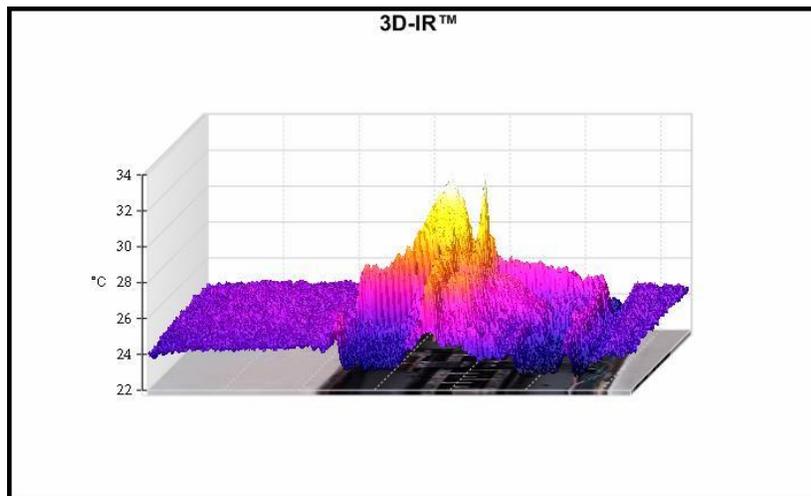
Tabla LI. **Información de la imagen termográfica tablero principal**

<b>Fecha de inspección</b>	<b>23/02/2018</b>	<b>Nombre del equipo</b>	<b>Tablero principal</b>
<b>Hora</b>	<b>13:54:57</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Cuarto de máquinas</b>
Emisividad	0,95	Temperatura reflejada	22,0
Temperatura máxima	31,1	Temperatura promedio	25,5
Posible problema		Acción recomendada	
Cámara	TiS45-16090287	Fabricante	<i>Fluke Thermography</i>
Transmisión	1,00	Tamaño de sensor IR	160 x 120
Rango de la imagen	23,7°C a 31,1 °C	Ajuste de humedad	0 RH % 0 distancia (m)

Fuente: elaboración propia.

Abajo se tiene la figura 37 de la gráfica 3D de termografía donde se muestra el punto de mayor temperatura de acuerdo con la imagen capturada.

Figura 37. **Imagen 3D-IR del tablero principal**

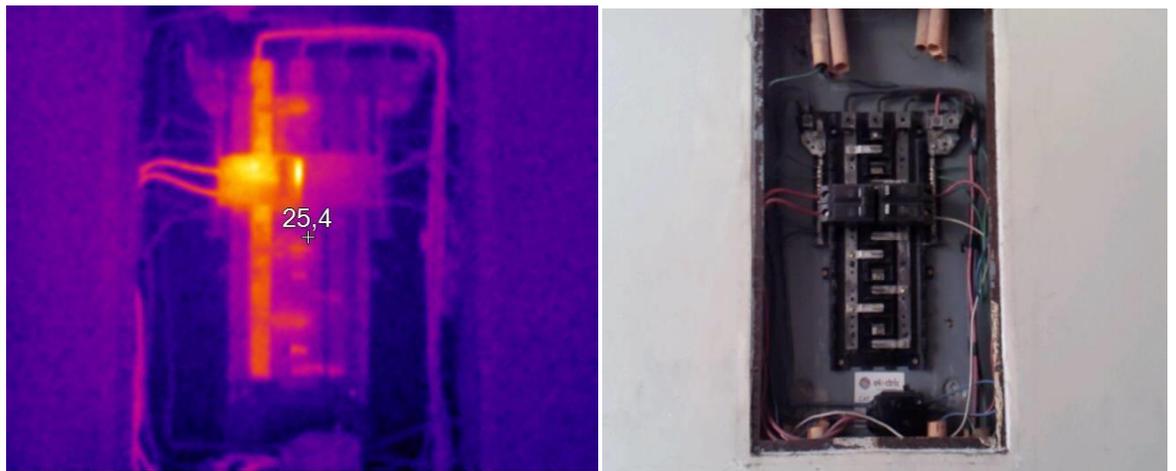


Fuente: elaboración propia.

### 6.8.2. Sujeto de inspección: tablero bombas

En la figura 38 se puede apreciar la imagen normal del tablero bombas contra la imagen termográfica y claramente ver cuál es el área del tablero que presenta temperaturas mayores.

Figura 38. **Imagen termográfica vrs. imagen normal del tablero de bombas**



Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse, de acuerdo con las mediciones termográficas, los niveles de temperatura dentro del tablero bombas se encuentran en los rangos permitidos, la temperatura más alta registrada es de 33,2 °C en uno de los bornes de conexión hacia la bomba 1.

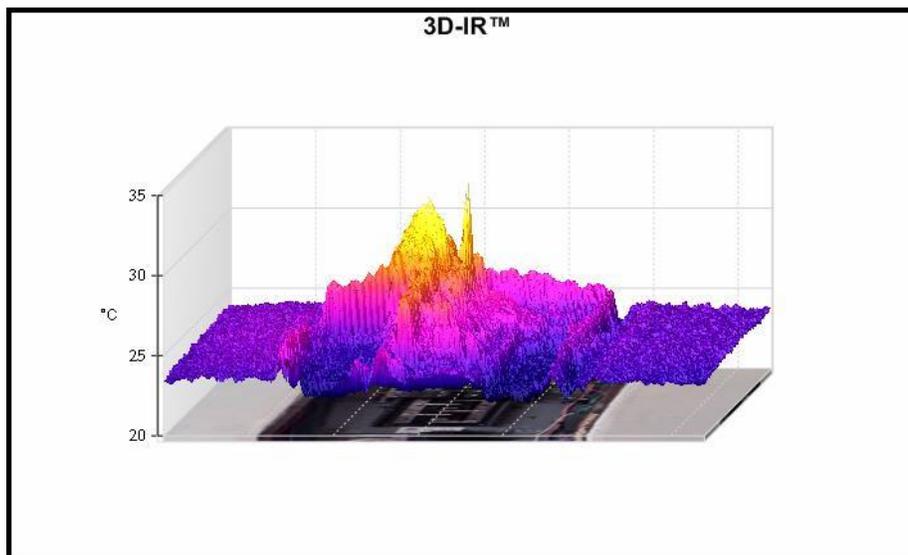
Tabla LII. **Información de la imagen termográfica tablero de bombas**

<b>Fecha de inspección</b>	<b>23/02/2018</b>	<b>Nombre del equipo</b>	<b>Tablero bombas</b>
<b>Hora</b>	<b>14:39:44</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Cuarto de lavandería</b>
Emisividad	0,95	Temperatura reflejada	22,0
Temperatura máxima	33,2	Temperatura promedio	24,0
Posible problema		Acción recomendada	
Cámara	TiS45-16090287	Fabricante	<i>Fluke Thermography</i>
Transmisión	1,00	Tamaño de sensor IR	160 x 120
Rango de la imagen	21,8°C a 33,2°C	Ajuste de humedad	0 RH % 0 distancia (m)

Fuente: elaboración propia.

En la figura 39 se observa la gráfica 3D de termografía donde se muestra el punto de mayor temperatura de acuerdo con la imagen capturada.

Figura 39. **Imagen 3D-IR del tablero de bombas**

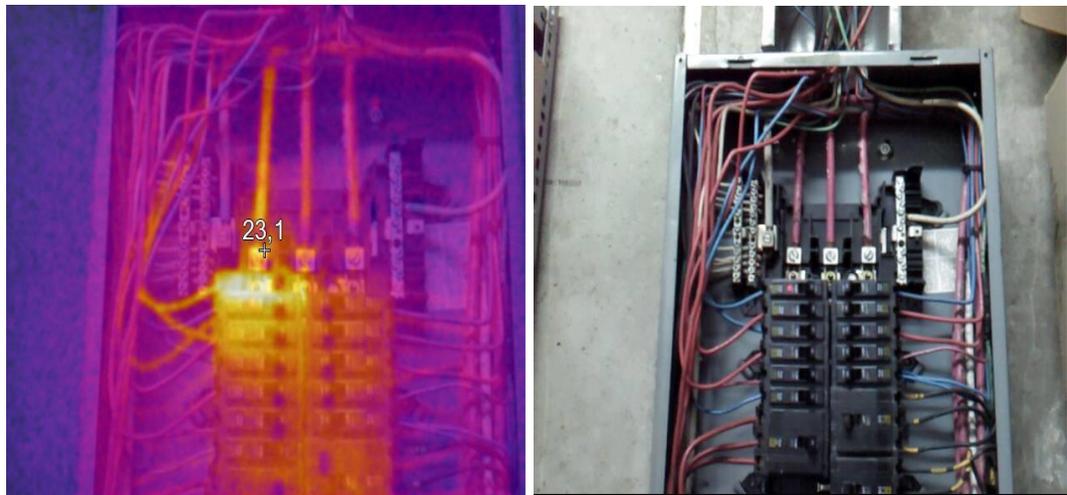


Fuente: elaboración propia.

### 6.8.3. Sujeto a inspección: tablero 1

En la figura 40 se puede apreciar la imagen normal del tablero 1 contra la imagen termográfica y claramente ver cuál es el área del tablero que presenta temperaturas mayores.

Figura 40. **Imagen termográfica vrs. imagen normal del tablero 1**



Fuente: elaboración propia.

Según las mediciones termográficas, los niveles de temperatura dentro del tablero 1 el cual está ubicado en la sala 21 que corresponde a DIPLAN, estas mediciones se encuentran en los rangos permitidos que es de 60 °C para amperajes de hasta 100 A de acuerdo con la Norma NTC 2050, la temperatura más alta registrada se encuentra en uno de los bornes de conexión y su valor es de 24,6 °C.

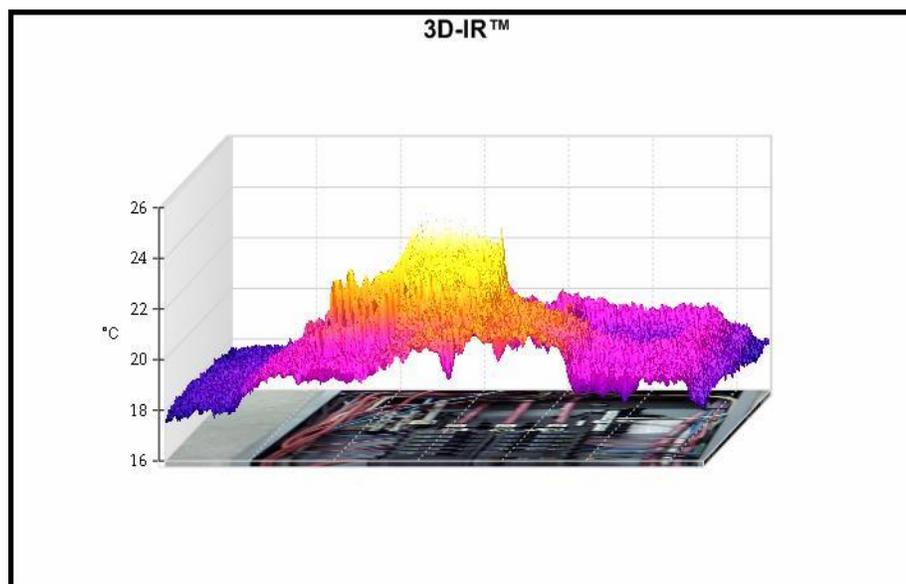
Tabla LIII. Información de la imagen termográfica tablero 1

<b>Fecha de inspección</b>	<b>23/02/2018</b>	<b>Nombre del equipo</b>	<b>Tablero 1</b>
<b>Hora</b>	<b>16:24:27</b>	<b>Ubicación</b>	<b>SALA DIPLAN</b>
Emisividad	0,95	Temperatura reflejada	22,0
Temperatura máxima	24,6	Temperatura promedio	19,3
Posible problema		Acción recomendada	
Cámara	TiS45-16090287	Fabricante	<i>Fluke Thermography</i>
Transmisión	1,00	Tamaño de sensor IR	160 x 120
Rango de la imagen	17,0°C a 24,6°C	Ajuste de humedad	0 RH % 0 distancia (m)

Fuente: elaboración propia.

En la figura 40 se encuentra la gráfica 3D de termografía donde se muestra el punto de mayor temperatura de acuerdo con la imagen capturada.

Figura 41. Imagen 3D-IR del tablero 1

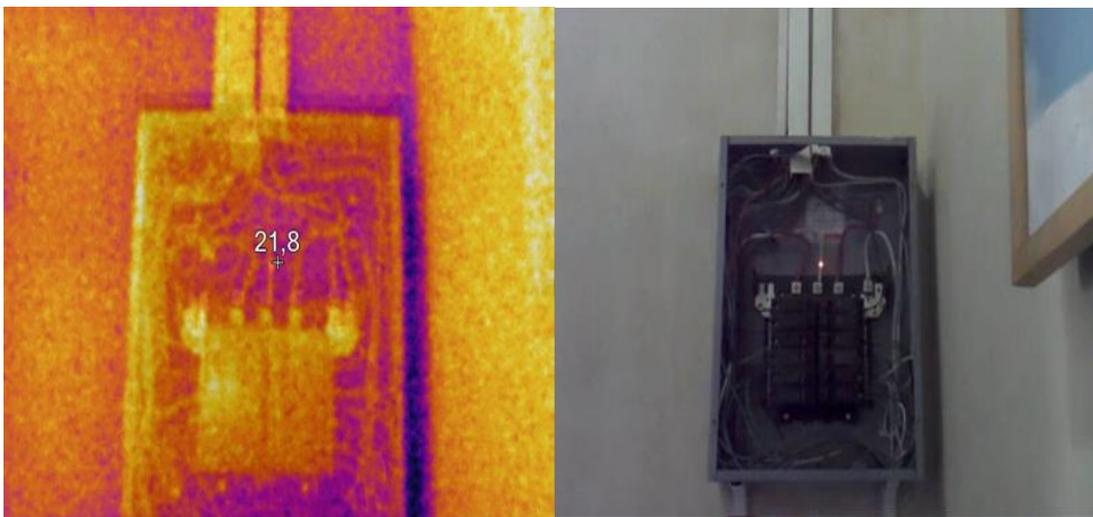


Fuente: elaboración propia.

#### 6.8.4. Sujeto a inspección: tablero 5

En la figura 42 se puede apreciar la imagen normal del tablero 5 contra la imagen termográfica y claramente ver cuál es el área del tablero que presenta temperaturas mayores.

Figura 42. Imagen termográfica vrs. imagen normal del tablero 5



Fuente: elaboración propia.

Según las mediciones termográficas, los niveles de temperatura dentro del tablero 5 se encuentran dentro de los rangos permitidos que es de 60 °C para amperajes de hasta 100 A de acuerdo con la Norma NTC 2050, la temperatura más alta registrada se encuentra en uno de los bornes de conexión y su valor es de 23,4 °C.

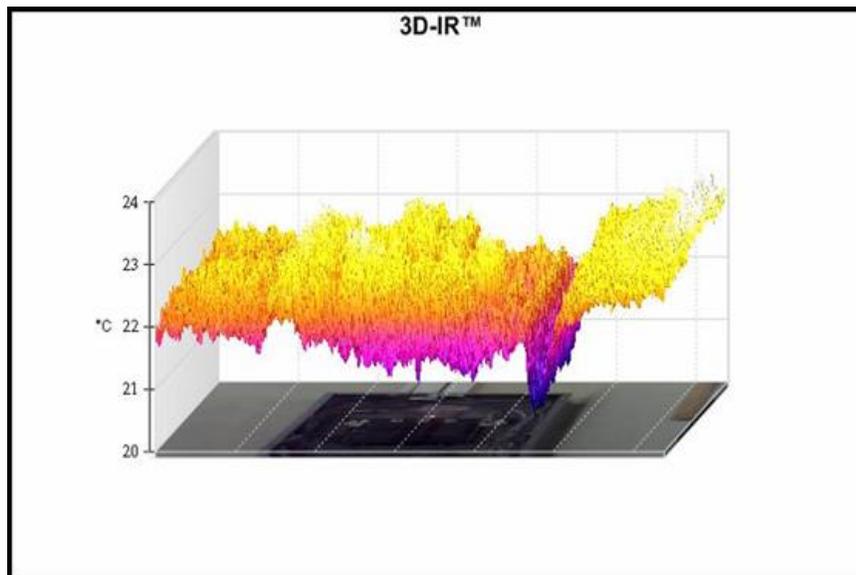
Tabla LIV. Información de la imagen termográfica tablero 5

<b>Fecha de Inspección</b>	<b>23/02/2018</b>	<b>Nombre del equipo</b>	<b>Tablero 5</b>
<b>Hora</b>	15:04:14	<b>Ubicación</b>	<b>SALA 10B</b>
Emisividad	0,95	Temperatura reflejada	22,0
Temperatura máxima	23,4	Temperatura promedio	22.3
Posible problema		Acción recomendada	
Cámara	TiS45-16090287	Fabricante	<i>Fluke Thermography</i>
Transmisión	1,00	Tamaño de sensor IR	160 x 120
Rango de la imagen	20,6°C a 23,4°C	Ajuste de humedad	0 RH % 0 distancia (m)

Fuente: elaboración propia.

En la figura 43 se encuentra la gráfica 3D de termografía donde se muestra el punto de mayor temperatura de acuerdo con la imagen capturada.

Figura 43. Imagen 3D-IR del tablero 5

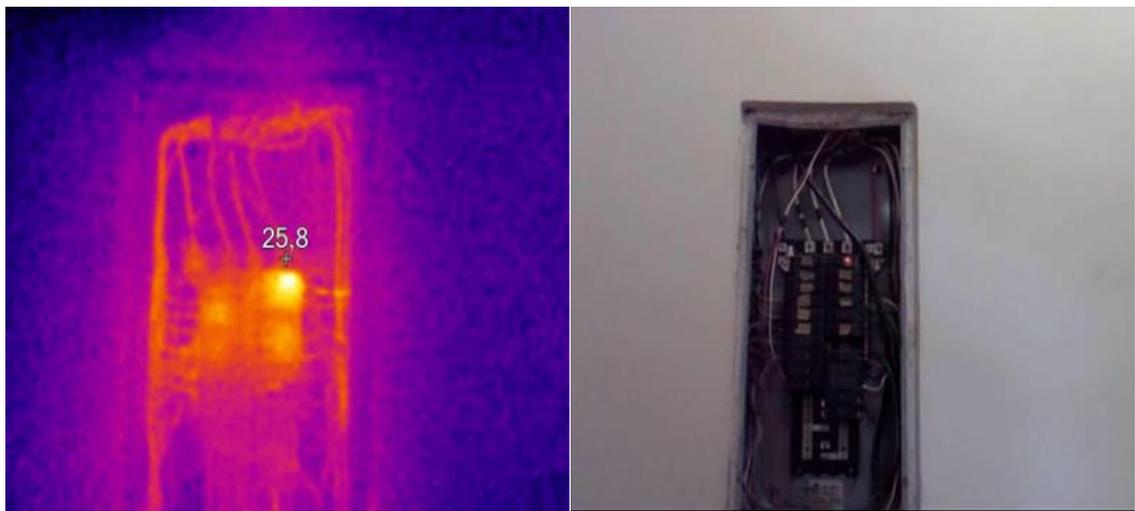


Fuente: elaboración propia.

### 6.8.5. Sujeto a inspección: tablero 6

En la figura 44 se puede apreciar la imagen normal del tablero 6 contra la imagen termográfica y claramente ver cuál es el área del tablero que presenta temperaturas mayores.

Figura 44. **Imagen termográfica vrs. imagen normal del tablero 6**



Fuente: elaboración propia.

Según las mediciones termográficas, los niveles de temperatura dentro del tablero 6 se encuentran dentro de los rangos permitidos que es de 60 °C para amperajes de hasta 100 A de acuerdo con la Norma NTC 2050, la temperatura más alta registrada se encuentra en uno de los bornes de conexión y su valor es de 29,2 °C.

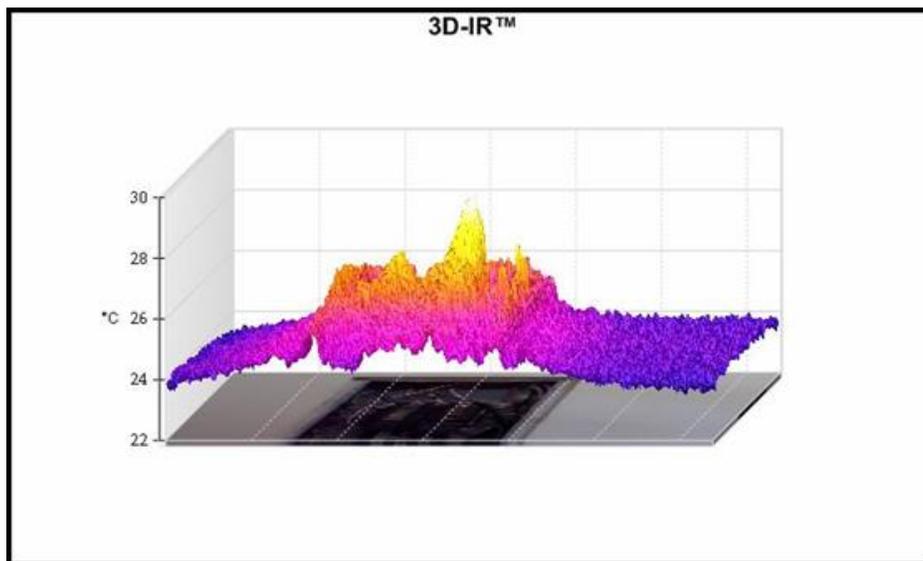
Tabla LV. **Información de la imagen termográfica tablero 6**

<b>Fecha de inspección</b>	<b>23/02/2018</b>	<b>Nombre del equipo</b>	<b>Tablero 6</b>
<b>Hora</b>	14:55:29	<b>Ubicación</b>	<b>SALA 7 DIDAI</b>
Emisividad	0,95	Temperatura reflejada	22,0
Temperatura máxima	29,2	Temperatura promedio	24,6
Posible problema		Acción recomendada	
Cámara	TiS45-16090287	Fabricante	<i>Fluke Thermography</i>
Transmisión	1,00	Tamaño de sensor IR	160 x 120
Rango de la imagen	23,0°C a 29,2°C	Ajuste de humedad	0 RH % 0 distancia (m)

Fuente: elaboración propia.

La figura 44 indica que la gráfica 3D de termografía muestra el punto de mayor temperatura de acuerdo con la imagen capturada.

Figura 45. **Imagen 3D-IR del tablero 6**

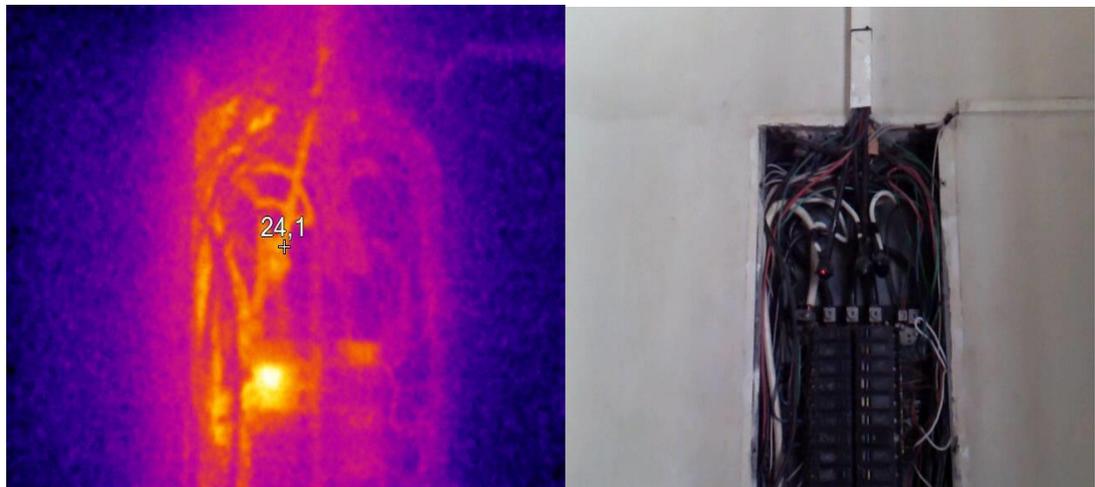


Fuente: elaboración propia.

### 6.8.6. Sujeto a inspección: tablero 7

En la figura 46 se puede apreciar la imagen normal del tablero 7 contra la imagen termográfica y claramente ver cuál es el área del tablero que presenta temperaturas mayores.

Figura 46. **Imagen termográfica vrs. imagen normal del tablero 7**



Fuente: elaboración propia.

Según las mediciones termográficas, los niveles de temperatura dentro del tablero 7 se encuentran dentro de los rangos permitidos que es de 60 °C para amperajes de hasta 100 A de acuerdo con la Norma NTC 2050, la temperatura más alta registrada se encuentra en uno de los bornes de conexión y su valor es de 26,4 °C.

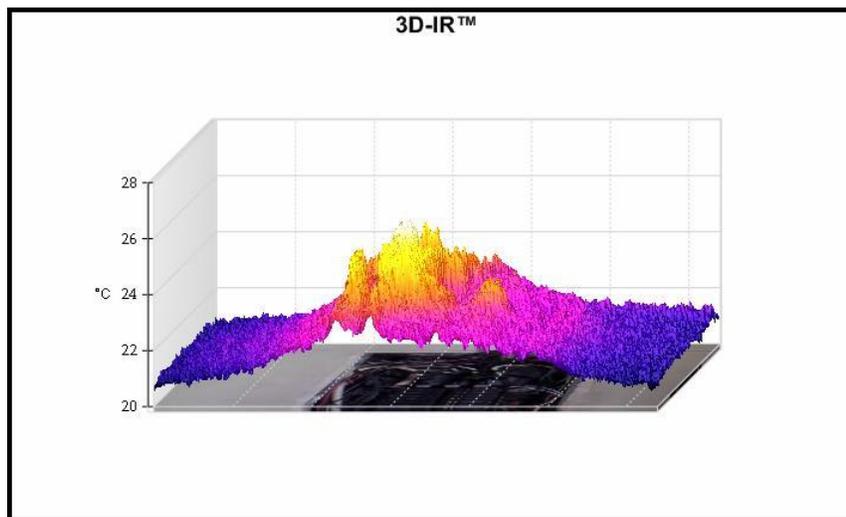
Tabla LVI. **Información de la imagen termográfica tablero 7**

<b>Fecha de inspección</b>	<b>23/02/2018</b>	<b>Nombre del equipo</b>	<b>Tablero 7</b>
<b>Hora</b>	14:44:03	<b>Ubicación</b>	<b>SALA 3</b>
Emisividad	0,95	Temperatura reflejada	22,0
Temperatura máxima	26,4	Temperatura promedio	22,0
Posible problema		Acción recomendada	
Cámara	TiS45-16090287	Fabricante	<i>Fluke Thermography</i>
Transmisión	1,00	Tamaño de sensor IR	160 x 120
Rango de la imagen	20,5 °C a 26,4 °C	Ajuste de humedad	0 RH % 0 distancia (m)

Fuente: elaboración propia.

En la figura 47 se observa la gráfica 3D de termografía donde se muestra el punto de mayor temperatura de acuerdo con la imagen capturada.

Figura 47. **Imagen 3D-IR del tablero 7**

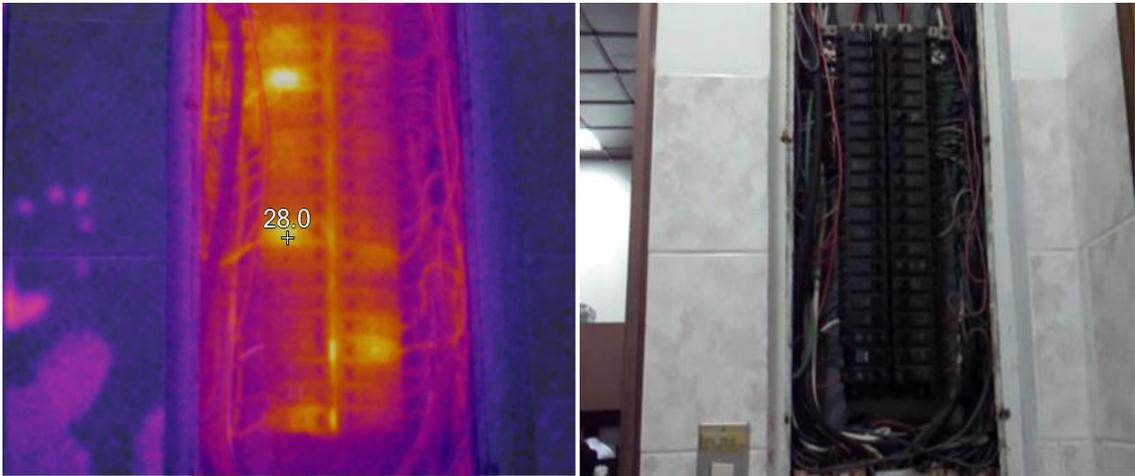


Fuente: elaboración propia.

### 6.8.7. Sujeto a inspección: tablero 8

En la figura 48 se puede apreciar la imagen normal del tablero 8 contra la imagen termográfica y claramente ver cuál es el área del tablero que presenta temperaturas mayores.

Figura 48. Imagen termográfica vrs. imagen normal del tablero 8



Fuente: elaboracion propia.

Según las mediciones termográficas, los niveles de temperatura dentro del tablero 8 se encuentran dentro de los rangos permitidos que es de 60 °C para amperajes de hasta 100 A de acuerdo con la Norma NTC 2050, la temperatura más alta registrada se encuentra en uno de los bornes de conexión y su valor es de 26,4°C.

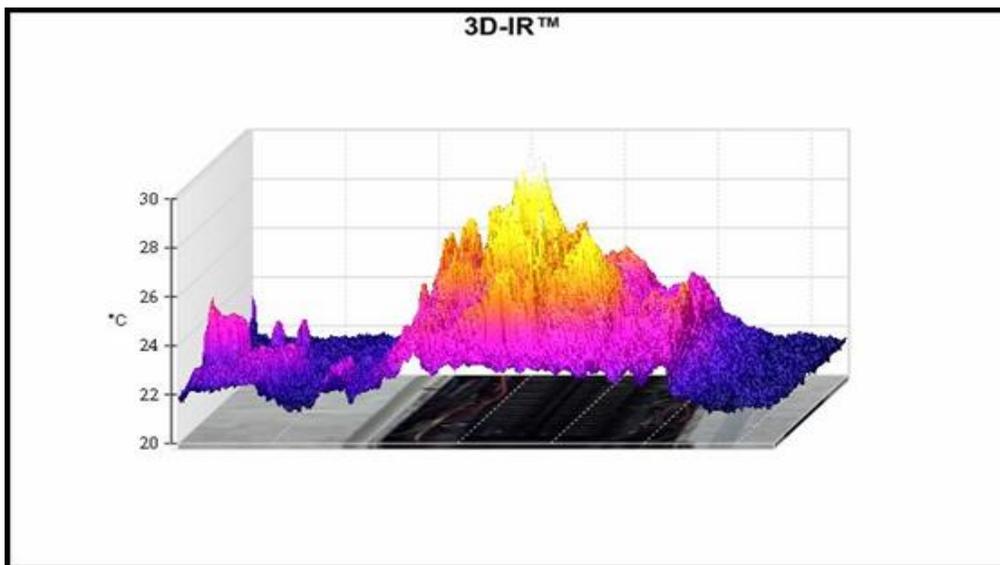
Tabla LVII. **Información de la imagen termográfica tablero 8**

<b>Fecha de inspección</b>	<b>23/02/2018</b>	<b>Nombre del equipo</b>	<b>Tablero 8</b>
<b>Hora</b>	14:44:03	<b>Ubicación</b>	<b>Biblioteca</b>
Emisividad	0,95	Temperatura reflejada	22,0
Temperatura máxima	29,4	Temperatura promedio	23,2
Posible problema		Acción recomendada	
Cámara	TiS45-16090287	Fabricante	<i>Fluke Thermography</i>
Transmisión	1,00	Tamaño de sensor IR	160 x 120
Rango de la imagen	20,5 °C a 26,4 °C	Ajuste de humedad	0 RH % 0 distancia (m)

Fuente: elaboración propia.

La figura 49 muestra la gráfica 3D de termografía donde se muestra el punto de mayor temperatura de acuerdo con la imagen capturada.

Figura 49. **Imagen 3D-IR del tablero 8**



Fuente: elaboración propia.

## **7. MEDIDAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA**

Después de las verificaciones y estudios realizados se realizan las siguientes propuestas de mejora que pueden ser implementadas en el edificio 1 del Ministerio de Educación:

### **7.1. Tecnologías de climatización y aire acondicionado**

La climatización de la temperatura en algunas salas de reuniones y en algunos casos en oficinas, conforma aproximadamente un 3 % de la energía total del edificio 1 del Ministerio de Educación, y a pesar de ser un porcentaje bastante bajo, se recomienda mantener algunos hábitos que pueden ayudar a mantener bajo el consumo eléctrico provocado por el uso de los aires acondicionados y de esta manera hacer más eficiente el tema de climatización, además de que el uso correcto del mismo contribuye a evitar problemas de salud derivadas al mal uso de la climatización de los ambientes y al choque térmico provocados por el cambio brusco de temperaturas entre los diferentes ambientes. Para esto se presentan a continuación algunas propuestas de mejoras.

- Mejorar los hábitos de utilización, es decir, informar a todos los trabajadores sobre la importancia de mantener cerradas puertas y ventanas al momento de encender los aires acondicionados, con base en la encuesta realizada, el 50 % de los encuestados dice mantener puertas y ventanas abiertas mientras tienen encendido el aire acondicionado lo cual es una de las principales razones por las que el uso de estos se considera ineficiente y se tiende a aumentar el termostato. Debe ser de

conocimiento general que la temperatura de los aparatos debe oscilar entre 23 y 25 grados.

- El edificio 1 del Ministerio de Educación tiene una estructura base antigua la cual no es posible modificar, sin embargo, los cubículos y divisiones que separan las diferentes oficinas y departamentos cambian constantemente, por lo que hay que tomar en cuenta también el correcto dimensionamiento de los equipos al momento de realizar un cambio del tamaño o altura de la sala a climatizar, o el uso si es que de ser oficinas se utilizará como sala de reuniones o viceversa.
- En muchos casos las salas del edificio 1 del Ministerio de Educación poseen ventanales grandes que se encuentran completamente cerrados u obstruidos, lo que no permite la correcta ventilación de los ambientes, por lo que se recomienda revisar la ubicación de algunos elementos como estantes o archivos que tapan los ventanales y de ser posible hacer que estos puedan ser abiertos y cerrados de forma segura y fácil por parte de los empleados, así como la implementación de persianas funcionales, para regular la entrada de aire natural, así como, filtrar los rayos solares y por ende mantener una temperatura más baja.
- Se pudo observar que en muchas oficinas se ha optado por la utilización de ventiladores de pie, los cuales presentan un consumo de energía más bajo que los aires acondicionados, sin embargo, estos también podrían ser dimensionados y ubicados de la mejor manera para poder optimizar su uso y evitar el uso excesivo de estos elementos.
- También es importante revisar el aislamiento de puertas y ventanas, ya que esto puede ser otra fuente de ineficiencia de los equipos instalados.

## **7.2. Tecnologías de equipos eléctricos**

Los equipos electrónicos forman un 57 % aproximadamente del total del consumo de energía del edificio 1 por lo que el hacer un uso eficiente de los mismos puede crear gran impacto en el consumo total de energía eléctrica y por ende en un ahorro energético, sin embargo, el uso correcto de estos va a depender en gran manera de la implementación de buenas prácticas por parte de los empleados y de un buen sistema de mantenimiento y control de estos equipos. Muchos de los equipos utilizados ya cuentan con un sistema de ahorro energético por lo que su uso correcto depende de los usuarios finales, a continuación, podemos detallar algunos consejos que pueden ser de utilidad para promover el consumo eficiente de energía eléctrica en los equipos.

- En el caso de computadoras, impresoras, laptops, fotocopiadoras, entre otros, es importante que los usuarios de estos equipos sepan utilizar las funciones de ahorro de energía y como configurarlas para sacar el máximo de provecho según sus necesidades, así como también que se acostumbren a apagar monitor y computadora cuando no van a utilizarse por un largo período, es decir al terminar la jornada laboral, siempre verificar que estos equipos estén completamente apagados y no solamente el CPU, o solamente el monitor, en el caso de las computadoras de escritorio.
- En períodos cortos de tiempo durante los cuales no se esté utilizando la computadora se recomienda apagar el monitor para que este no consuma energía, es decir, durante la hora de almuerzo o si se deja la máquina por más de 20 minutos sin utilizarse, o se puede activar la configuración de modo suspendido el cual baja el consumo energético hasta 2 watts en la mayoría de los monitores, según información publicada en

www.energystar.gov, sin embargo, esto puede variar dependiendo del modelo.

- Utilizar un brillo adecuado en la pantalla también permite un ahorro significativo y además, contribuye a que nuestros ojos no se dañen con el uso constante de pantallas, por lo que se recomienda mantener un nivel medio en el brillo de las pantallas. Asimismo, elegir colores oscuros de fondo de pantalla crean un ahorro energético considerable ya que utilizar pantalla blanca consume más energía que los colores oscuros. solamente cambiando el fondo de pantalla habitual, se puede ahorrar energía. También es importante hacer notar que los descansa pantallas no disminuyen el consumo de energía sino por el contrario se consume más energía al usarlo que al no hacerlo.
- Apagar y desconectar otro tipo de equipos eléctricos tales como hornos microondas, cafeteras, oasis, o similares, cuando no se estén utilizando o cuando pasan largos periodos de tiempo en que no serán usados como el caso del oasis al terminar la jornada laboral y especialmente fines de semana.
- Desenchufar de la red eléctrica los transformadores de corriente alterna a directa utilizados como cargadores de baterías para otros equipos tales como celulares, *laptop*, *tablet*, etcétera, cuando estos ya se encuentran al 100 % de su carga, ya que al permanecer conectados siguen consumiendo energía que no es utilizada.

### 7.3. Gestión eficiente de recursos

- Actualización de equipos: en futuras compras de equipos electrónicos es importante verificar que los mismos ya cuenten con un etiquetado energético de tipo *Energy Star*, TCO, Clase A o similar, lo cual asegura que el equipo adquirido mantiene los estándares de ahorro energético requeridos y que puede utilizar de un 30 a un 65 % menos de energía que los no etiquetados de esta manera, esto según datos tomados de *Energy Efficient Computers*, [www.energy.gov](http://www.energy.gov).
- Implementar regletas multicontactos, reguladores de tensión, dispositivos supresores de sobretensiones o sistemas de energía ininterrumpible (UPS) que permitan desconectar en conjunto los equipos electrónicos cuando no se utilizan, es decir, al finalizar la jornada laboral y los fines de semana, y así evitar el consumo de los equipos que permanecen en modo de espera o el consumo mínimo que algunos equipos siguen consumiendo aun estando apagados; al mismo tiempo que resguardan los equipos electrónicos y por consiguiente alargar su vida útil.
- Contar con personal calificado encargado de configurar adecuadamente todos los equipos en modo de ahorro energético como por ejemplo las computadoras, impresoras, fotocopiadoras, multifuncionales, entre otros. Los cuales son adquiridos bajo los lineamientos del inciso 1 pero que al no ser configurados de manera adecuada siguen consumiendo gran cantidad de energía.
- Colocar dispositivos controladores, tales como temporizadores, que permitan automatizar el encendido y apagado de ciertos equipos, que son usados en áreas comunes durante intervalos de tiempo determinados.

- Implementar un sistema de control de cambios, para de esta manera mantener un control adecuado al momento de adquirir nuevos equipos, para que el dimensionamiento y características sean aprobadas dependiendo del uso que se les vaya a dar; y de esta manera evitar que los equipos estén sobredimensionados y por lo tanto consuman más energía. De igual manera que se encargue de controlar y gestionar de manera adecuada el uso de los equipos de oficina como impresoras y multifuncionales, que pueden ser colocadas en red y compartidas por varios usuarios, en lugar de colocar una por cada lugar de trabajo.

#### **7.4. Implementación de energía renovable**

La implementación de una fuente de energía renovable como es el caso de un sistema de generación fotovoltaico, que permita utilizar la energía solar para suministrar un porcentaje de la energía eléctrica, no solamente representa una reducción del gasto económico en la energía consumida sino también un beneficio mayor derivado de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, entre otras muchas ventajas.

#### **7.5. Iluminación**

La iluminación es el elemento que consume uno de los porcentajes más grandes de energía, el 22 % del total, por lo que aplicar algunas medidas pueden significar una enorme reducción de gasto energético, por lo que a continuación se plantean algunos aspectos que de ser implementados pueden reducir el consumo final en un gran porcentaje.

- Migración de luminarias fluorescentes de tipo ahorrado que son las que más se utilizan en todas las áreas del edificio 1 del Ministerio de Educación, a luminarias tipo led, y bajar la altura de instalación para que la incidencia lumínica en cada área de trabajo sea más eficiente y en algunos casos reducir la cantidad de luminarias.
- Implementar persianas que bloqueen la luz solar directa pero que permitan aprovechar al máximo la luz natural, ya que como se ha mencionado este edificio posee ventanales de gran tamaño, que en muchos casos se encuentran bloqueadas debido a que en horas pico el sol entra directo y molesta. Sin embargo, si se cuenta con un mecanismo, ya sea automático o manual, que permita controlar la intensidad lumínica dependiendo de las horas o las necesidades, esto disminuiría el uso de la iluminación.
- Automatizar los sistemas de control de iluminación en algunos casos, como en baños, jardines, pasillos y áreas comunes, utilizando sensores de movimiento, temporizadores, o fotoceldas, para que evitar que las luces permanezcan encendidas innecesariamente.
- Contar con un programa de mantenimiento que incluya tanto el cambio de luminarias dañadas, como limpieza regular de difusores para evitar que el polvo disminuya la eficiencia lumínica de las lámparas.

El mayor propósito deberá ser el mejoramiento de incidencia lumínica en cada área de trabajo ya que en su mayoría se encuentran muy por debajo del nivel mínimo requerido para que el ambiente de trabajo sea el adecuado, para lo cual no solamente se puede cambiar de tecnología de iluminación, es decir, pasar de la utilización de lámparas fluorescentes a lámparas led; sino que también, cambiar a lámparas de tipo colgante que permitan reducir la distancia

entre las luminarias y el área de trabajo, logrando un aumento considerable en la incidencia lumínica y por lo tanto en las mediciones de lúmenes y eficiencia lumínica.

## **8. GESTIÓN DE DESECHOS**

### **8.1. Plan de recolección y manejo de desechos**

Cuando la recolección, el transporte, el almacenamiento y la disposición final de los desechos no es la adecuada, además de presentarse un problema de medio ambiente, también pueden generar problemas de salud si no se eliminan de manera segura; ya que pueden originar criaderos de insectos, parásitos y otros animales dañinos. Por lo que es importante contar con un plan de recolección y manejo de desechos adecuado a las necesidades de la institución.

#### **8.1.1. Objetivo**

Crear conciencia y motivar al personal del Ministerio de Educación a que formen parte de una cultura de reciclaje y manejo adecuado de los desechos sólidos que se producen normalmente en las instalaciones del edificio, con la finalidad de implementar una política medioambiental activa, que permita el manejo correcto y separación de los residuos, almacenamiento, su transporte y disposición final.

Dentro del edificio se encuentran oficinas separadas en diferentes salas que pueden tener una capacidad de personal desde 5 hasta poco más de 50 personas, que en su mayoría realiza trabajo administrativo y de oficina.

La materia prima utilizada en el edificio 1 del Ministerio de Educación depende de la actividad principal de cada área, las cuales pueden separarse de la siguiente manera:

Tabla LVIII. **Materia prima más utilizada en el edificio**

Funciones administrativas	Papel, tóner, lapiceros, cintas, papel carbón, café, CD, vasos desechables, implementos de oficina en general, talonarios, entre otros.
Labores de aseo en oficinas	Trapeadores, escobas, paños líquidos, limpiadores, detergentes, ceras limpiadoras, limpia vidrios, mangueras, escaleras y podadoras.
Cafetería	Fruta, verduras, granos, refrescos, bebidas, vasos y platos desechables, entre otros.

Fuente: elaboración propia.

Los residuos generados por el Ministerio de Educación son de medianas cantidades y son en su mayoría: papel, cartón, plástico, periódico, aluminio, vidrio, escobas, trapeadores, cartuchos de impresora o tóner, Cd, desechos electrónicos, residuos orgánicos y restos de alimentos.

### **8.1.2. Acciones**

- Elaboración de afiches y folletos que fomenten la importancia de la correcta recolección y separación de desechos sólidos, esto permite informar al personal y como recordatorios de la importancia de su participación activa en la separación de la basura.

- Sensibilizar al personal en el tema de política medioambiental activa, mediante la colocación en puntos estratégicos, dentro del edificio 1 del Ministerio de Educación, de los afiches informativos, así como también la entrega de folletos indicando la manera correcta del manejo de los desechos sólidos.
- Calendarización de charlas informativas que presenten al personal la manera más adecuada para el manejo, separación, reciclaje y gestión de los residuos y desechos. Estas charlas pueden ser de corta duración simplemente para mantener al personal al tanto de la importancia de sus buenos hábitos en el manejo de desechos.
- Capacitar al personal sobre las formas de reciclaje, su importancia institucional, no solamente debido al impacto ecológico, sino también económico, esto es muy importante ya que muchas veces se olvida que económicamente el reciclar puede tener un gran impacto en la reducción de gastos y este dinero se puede invertir en otros aspectos de mejora para el personal.
- Incluir de manera paulatina, pero efectiva, al personal a una cultura de reciclaje y aplicación de las 3R's, lo cual implica reducir la cantidad de desechos evitando consumir productos innecesarios, reutilizar los equipos y materiales una vez concluido su primer ciclo de vida, dándoles una segunda utilización. Y por último reparar equipos a los que aún se les pueda sacar provecho aplicando así el reciclaje las 3 R, [www.greenpeace.org](http://www.greenpeace.org).
- Es importante contar con depósitos claramente identificados con carteles, que permitan la separación de materiales según su tipo. Y que dichos

depósitos se encuentren ubicados en cada oficina y en lugares estratégicos repartidos en las instalaciones del edificio, para la facilidad de su correcta utilización. A continuación, se observa una tabla que indica cómo deben estar identificados los depósitos con diferentes colores dependiendo de la finalidad de la basura depositada en cada uno.

Tabla LIX. **Aplicación de basureros según su color**

<b>Color del Basurero</b>	<b>Aplicación</b>
NEGRO	PAPEL BLANCO Y DE COLOR. Revistas, periódicos, guías telefónicas, cuadernos, entre otros.
AMARILLO	ALUMINIO Y VIDRIO. Recipientes de bebidas, papel aluminio, marcos de ventanas o puertas, enchapados, vajillas, cristalería, recipientes de vidrio, espejos, cerámicas, bombillos, envase de alimentos, y medicamentos .
AZUL	PLÁSTICOS. Recipientes de bebidas, empaques o bolsas plásticas, artículos de oficina, cartuchos o tóner de impresoras.
VERDE	ORGÁNICOS. Residuos de comida, semillas, cáscaras y residuos de jardinería.
ROJO	PRODUCTOS ELECTRÓNICOS
GRIS	MATERIALES NO APROVECHABLES Papel de fax, servilletas, papel higiénico, papel carbón, celofán, engrasado, papel o cartón sucio o mojado.

Fuente: elaboración propia.

- Capacitar adecuadamente al personal de limpieza y mantenimiento, encargado del manejo directo y recolección de los desechos, para que realicen la labor de manera correcta desde la recolección hasta su

depósito en el almacenamiento final. Así como también, que conozcan a donde deben ser enviados los diferentes tipos de desechos y las empresas encargadas de su recolección final.

Tabla LX. **Clasificación de basureros y su disposición final**

Color del Basurero	Disposición Final
NEGRO	Empresa dedicada al reciclaje.
AMARILLO	Empresa dedicada al reciclaje.
AZUL	Empresa dedicada al reciclaje.
VERDE	Empresa de aseo
ROJO	Empresa dedicada al reciclaje.
GRIS	Empresa de aseo

Fuente: elaboración propia.

- Finalmente realizar un monitoreo para verificar que se estén cumpliendo con la correcta separación de los materiales y desechos.



## 9. PROYECCIÓN DE CONSUMOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Basándose en las mediciones tomadas con el analizador de potencia *fluke* 430-II se analizaron los consumos promedios de potencia por día y por mes, en las instalaciones del edificio 1 del Ministerio de Educación, tomando en cuenta los días de mayor demanda y los días de descanso y asuetos. A continuación, podemos observar los datos de energía consumida en las diferentes jornadas para un día normal de trabajo.

Tabla LXI. **Proyección de consumo de energía eléctrica en un día laboral**

ACTIVIDAD	HORARIO DE CONSUMO		CONSUMO PROMEDIO EN WATT HORA
	INICIO	FINAL	
Jornada laboral	09:00:00 a. m.	05:30:00 p. m.	476 785,00
Fin de labores	05:30:01 p. m.	07:00:00 p. m.	52 616,17
Horario nocturno y fuera de labores	07:00:01 p. m.	06:00:00 a. m.	223 464,58
Inicio de labores	06:00:01 a. m.	08:59:00 a. m.	71 765,83
<b>Consumo total en 24 horas</b>			<b>824 631,58</b>

Fuente: elaboración propia.

Para el caso de un día de descanso o asueto, el consumo se considera como ejemplo el medido un domingo normal que refleja un día completo de actividades que se realizan únicamente cuando el edificio se encuentra fuera de labores normales.

Tabla LXII. **Proyección de consumo de energía eléctrica en un día de descanso o asueto**

ACTIVIDAD	HORARIO DE CONSUMO		CONSUMO PROMEDIO EN WATT HORA
	INICIO	FINAL	
Fuera de operaciones y labores	06:01:00 a. m.	06:00:00 a. m.	327 324,75
<b>Consumo total en 24 horas</b>			<b>327 324,75</b>

Fuente: elaboración propia.

Con base en estos datos se realizaron las proyecciones mensuales hasta el 2032, las cuales muestran una tendencia estable, sin embargo, no se consideró ningún factor externo que pueda afectar la tendencia, ni tampoco un crecimiento considerable en los equipos o instalaciones eléctricas del edificio.

Tabla LXIII. **Proyección de energía eléctrica a partir de septiembre 2018 a diciembre 2032, basado en las mediciones realizadas**

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROMEDIO ANUAL
2016	26 960	29 200	32 160	32 160	33 200	36 160	34 080	34 560	35 040	32 560	34 480	34 480	32 920
2017	33 840	34 080	36 880	32 880	34 240	35 920	33 200	33 840	32 640	32 400	31 600	34 160	33 807
2018	31 440	31 040	36 800	35 120	37 280	36 800	40 720	39 760	31 381	32 313	29 982	33 975	34 718
2019	33 356	33 137	38 362	35 261	37 161	36 529	38 910	38 043	34 082	36 272	34 882	33 988	35 832
2020	33 682	33 517	39 043	35 344	37 288	36 579	39 170	38 075	33 934	36 744	35 334	36 779	36 291
2021	33 944	33 826	39 599	35 639	37 628	36 621	39 629	38 338	33 873	37 293	35 551	37 109	36 588
2022	34 171	34 093	40 083	35 897	37 926	36 657	40 035	38 572	33 818	37 784	35 746	37 407	36 849
2023	34 376	34 335	40 524	36 133	38 199	36 691	40 409	38 789	33 767	38 240	35 927	37 685	37 090
2024	34 567	34 562	40 938	36 355	38 457	36 723	40 763	38 994	33 719	38 676	36 101	37 951	37 317
2025	34 751	34 780	41 337	36 569	38 707	36 754	41 107	39 194	33 672	39 100	36 270	38 211	37 538
2026	34 931	34 994	41 728	36 780	38 952	36 784	41 446	39 391	33 625	39 519	36 438	38 469	37 755
2027	35 110	35 207	42 117	36 989	39 196	36 815	41 785	39 587	33 579	39 939	36 605	38 727	37 971
2028	35 289	35 420	42 507	37 199	39 442	36 845	42 125	39 785	33 532	40 361	36 775	38 988	38 189
2029	35 470	35 636	42 902	37 412	39 690	36 876	42 470	39 986	33 484	40 790	36 946	39 252	38 410
2030	35 653	35 854	43 303	37 628	39 943	36 907	42 821	40 190	33 436	41 227	37 121	39 522	38 634
2031	35 840	36 077	43 712	37 849	40 200	36 939	43 179	40 398	33 387	41 672	37 300	39 797	38 863
2032	36 031	36 305	44 129	38 074	40 464	36 972	43 545	40 612	33 336	42 128	37 482	40 079	39 096

Fuente: elaboración propia.

### 9.1. Análisis económico proyectado

Para el análisis económico se ha estimado una tarifa promedio de 0,67978625 por cada kilo Watt hora, y se calculó una desviación estándar de 0,027695623, por lo que la tarifa podría estar variando en un rango aleatorio entre 0,652090627 y 0,707481873 de manera trimestral. Y con base en estos datos, y a los consumos históricos presentados en el capítulo 3 de este documento, se calcularon las proyecciones por mes a partir de septiembre del presente año hasta diciembre del 2032.

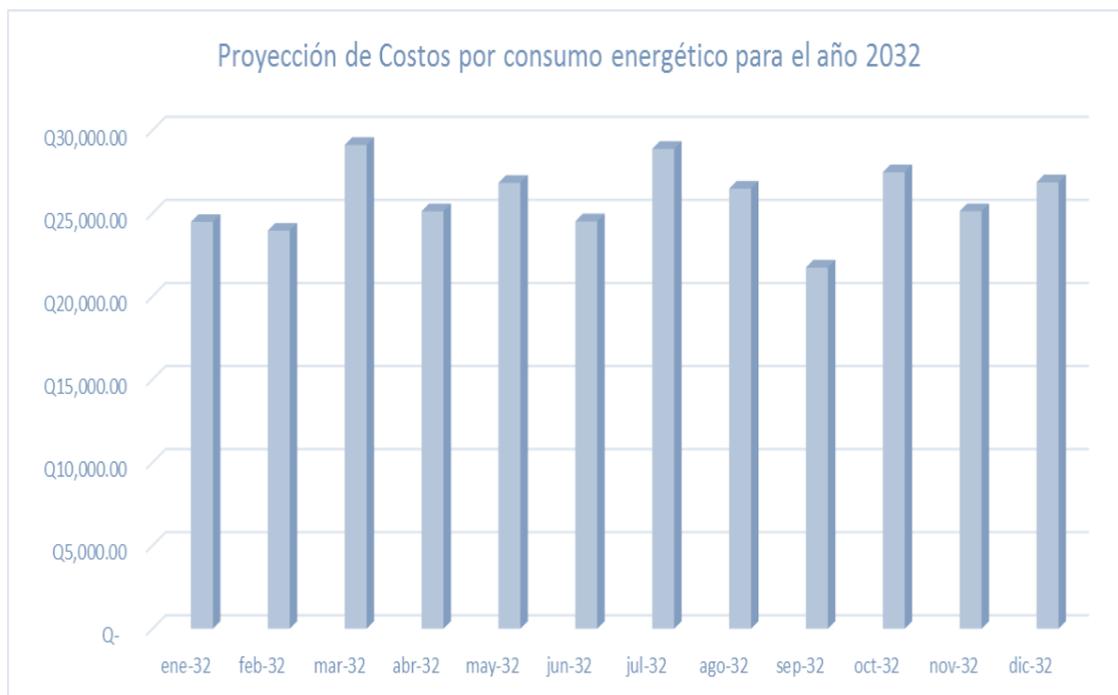
Figura 50. Costo estimado por consumo de energía eléctrica



Fuente: elaboración propia.

En la figura 50 se pueden observar los datos históricos de costos por consumo de energía eléctrica hasta agosto 2018, según facturación emitida por la Empresa Eléctrica. Y a partir de septiembre 2018 la proyección basada en dichos consumos históricos para los siguientes meses del año. Siguiendo esta tendencia, la proyección se llevó hasta diciembre del 2032, y en la gráfica de la figura 51 se puede ver la proyección del costo de consumo de energía eléctrica para el 2032 completo.

Figura 51. **Costo estimado de energía eléctrica para el 2032**



Fuente: elaboración propia.

Observación: las proyecciones de estos datos son solamente basadas en el consumo de energía eléctrica, no se están considerando cargos fijos ni ningún otro monto económico que pueda aplicarse.

## **10. ANÁLISIS ECONÓMICO DE AHORROS ENERGÉTICOS**

Basándose en las mediciones realizadas y los patrones de consumo presentados en el edificio 1 del Ministerio de Educación se determinaron dos aspectos importantes que pueden influir significativamente en el consumo energético por lo que a continuación se detalla y se analizan las medidas que pueden tomarse para reducir el consumo energético actual y si las mismas pueden ser factibles económicamente.

### **10.1. Simulación de ahorro energético con tecnología led**

El mayor problema encontrado en las instalaciones del edificio 1 del Ministerio de Educación fue que en casi todas las áreas de trabajo se cuenta con un nivel de iluminación muy por debajo de los niveles requeridos, por lo que un nuevo diseño de la iluminación es uno de los cambios más necesarios y que proporcionaría gran beneficio, no solamente para crear un mejor ambiente de trabajo para los empleados, con áreas iluminadas adecuadamente, sino que también se tendría un ahorro de energía eléctrica.

En la mayoría de ambientes se cuenta con iluminación de tipo fluorescente de 65 watts, y teniendo en cuenta que el cambio de tecnología a led puede proporcionar un ahorro de energía mayor se propone el cambio de todas las áreas a iluminación de tipo led y dependiendo de los ambientes se propone cambiar la iluminación adosada al techo por iluminación de tipo colgante a una altura más adecuada que mejore la incidencia lumínica y al mismo tiempo se reduzca la cantidad de luminarias que existen actualmente.

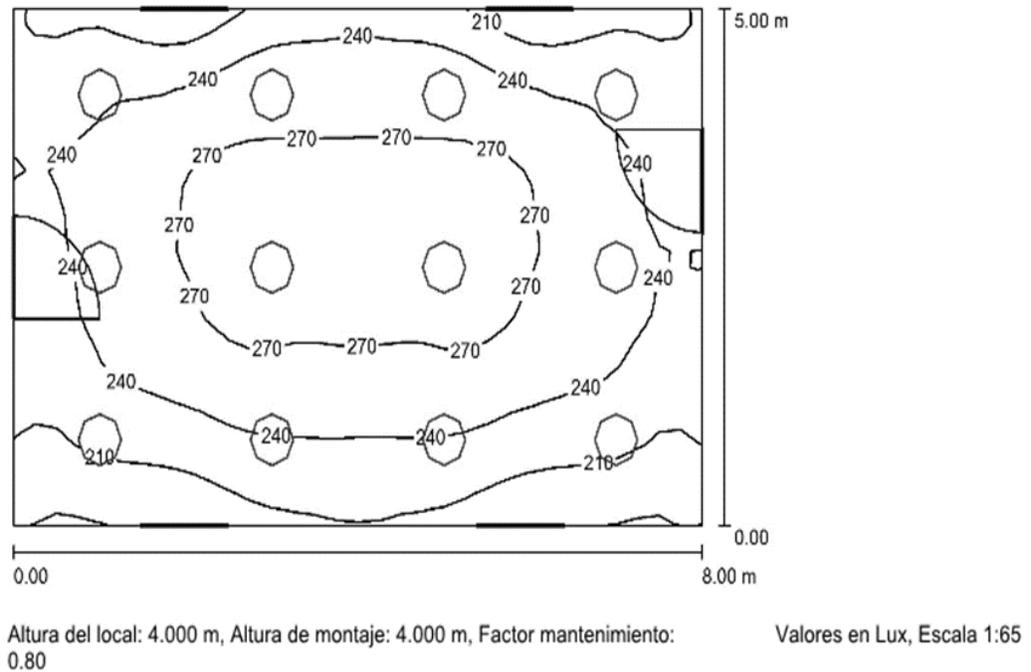
Cambiar las luminarias actuales por luminarias led y al mismo tiempo disminuir la cantidad y distribución de estas, para evitar saturación lumínica, puede significar una reducción de un 54 % del consumo debido a iluminación. Mientras que, si se realiza el cambio a led de todas las luminarias, es decir, manteniendo la misma cantidad de luminarias actuales, el consumo se reduce en un 32 % aproximadamente, pero la intensidad lumínica aumenta considerablemente, ambas opciones representan un ahorro en el consumo de energía, por lo que es importante plantear ambas.

Para realizar el análisis del impacto de los cambios efectuados por el tipo de iluminación se tomó como muestra una sala estándar del edificio de 5 metros de ancho por 8 de largo con una distribución normal de 12 luminarias de tipo fluorescente de 65W adosadas al techo el cual tiene una altura de 4 metros.

Mediante un software especial diseñado para realizar cálculos lumínicos y diseños de iluminación, se realizó una simulación, ingresando los datos que se tenían de tamaño, cantidad de luminarias, altura, tipo de luz, tipo de luminaria, color de las paredes y ubicación de puertas y ventanas, es decir, luz natural, de dicha sala como ejemplo, para verificar los niveles de luxes que inciden en las áreas de trabajo.

Como se puede apreciar en la figura 52, los niveles de iluminación se encuentran bastante por debajo de lo recomendado para un área de trabajo que es de 500 luxes, de acuerdo con lo medido en sitio se sabe que la sala utilizada como ejemplo mostró una medida de 197 luxes como promedio, en algunos puestos de trabajo bajó hasta 60 luxes.

Figura 52. **Simulación y cálculo de luxes en sala estándar del edificio 1 del Ministerio de Educación.**



Fuente: elaboración propia, empleando software Dialux.

La distribución actualmente en esta sala es de 3 filas por 4 columnas de luminarias que según el simulador con un bombillo de 180 watts pueden llegar a proporcionar 270 luxes en el área de trabajo, sin embargo, como se pudo constatar en las inspecciones de campo, en la mayoría de las salas se utiliza bombillo de 65 watts. Lo que da un nivel de iluminación muy por debajo del valor requerido, a continuación, se analizan dos posibles opciones para cambiar las luminarias, aumentar los niveles de lúmenes y disminuir el consumo energético. Ambas opciones comparadas con los niveles que presentan actualmente representan una mejora considerable.

Opción 1. Cambio de todas las luminarias existentes por luminarias de tipo led.

El migrar a tecnología led tiene varios beneficios, como ya se ha planteado anteriormente, sin embargo, a continuación, se observa con datos lo que esto significa, como la tabla LXIV donde se puede ver un comparativo de las características más importantes entre las luminarias utilizadas actualmente y las propuestas acá:

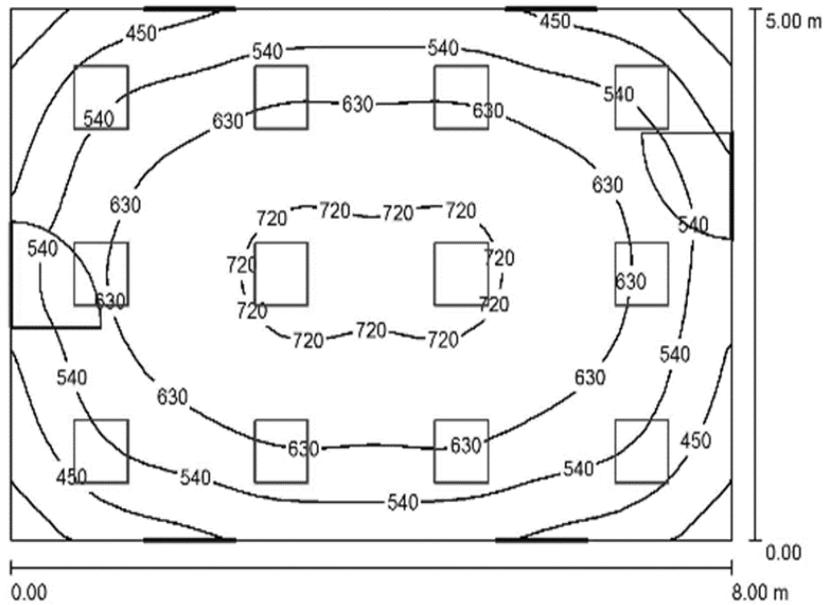
Tabla LXIV. **Comparación iluminación actual tipo fluorescente con la iluminación propuesta tipo led**

	ACTUAL	PROPUESTA
TIPO	Fluorescente	LED
POTENCIA (W)	65	45
LUMENES (Lm)	2 492	3 829
LAMPARAS POR OFICINA ESTÁNDAR	12	12
POTENCIA TOTAL (W)	780	540
RADIO DE TRABAJO (m)	2	2
TOTAL DE LUXES (Lx)	197	585

Fuente. elaboración propia.

En la tabla LXIV se aprecia un comparativo de la tecnología actual que son lámparas fluorescentes, por un cambio led, cómo con una diferencia de apenas 20 watts disminuidos, se puede aumentar los valores de luxes en el área de trabajo, de una medición promedio de 197 a obtener 585 luxes, lo cual es un excelente valor para el plano útil. Es muy importante tomar en cuenta que las lámparas deben ser suspendidas a una distancia de 1 metro del techo hacia abajo, para lograr la mayor eficiencia lumínica.

Figura 53. **Simulación y cálculo de luxes en sala estándar utilizando la propuesta de opción 1**



Altura del local: 4.000 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:65

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	585	310	741	0.530
Suelo	20	485	292	611	0.602
Techo	70	72	48	89	0.665
Paredes (4)	27	265	49	622	/

Plano útil:		UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura:	0.850 m	Pared izq	21	21	
Trama:	32 x 32 Puntos	Pared inferior	21	21	
Zona marginal:	0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	12	FEILOSILVANIA 0047441 Start Flat Panel LED 600 WW 3000K (1.000)	3829	3829	45.5
			Total: 45948	Total: 45948	546.0

Fuente: elaboración propia, empleando software Dialux.

Para la simulación se tomó como ejemplo una sala estándar de 5 metros ancho por 8 de largo, la cual cuenta con 12 lámparas distribuidas de manera uniforme; las 12 lámparas fluorescentes remplazadas por luminarias tipo led proporcionan mayor eficiencia lumínica y una disminución del consumo energético total por jornada, como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla LXV. **Inventario de luminarias actuales y las propuestas**

ACTUALES						PROPUESTA						
	TIPO	LUMINARIAS	LAMPARAS	POTENCIA LAMPARA	POT. TOTAL	TIPO	CANTIDAD	POTENCIA	POTENCIA TOTAL (W)	HORAS USO	ENERGIA (kWh) /DIA	ENERGIA (kWh) / MES
LÁMPARAS FLUORESCENTES	CFL (65w)	723	723	65	46 995	FLAT PANEL LED	723	45	32 535	8	260,28	5205,6
	TIPO U (2X40)	23	46	40	1 840	FLAT PANEL LED	23	45	1 035	8	8,28	165,6
LED		91	91	42	3 822	LED	91	42	3 822	8	30,576	611,52
<b>TOTALES</b>					52 657		837		37 392	8	299,136	5982,72

Fuente. elaboración propia.

Como puede observarse el consumo energético se reduce de 52 657 watts a 37 392 watts lo que en energía al mes se puede representar como un 32 % menos del consumo actual debido a la iluminación.

Tabla LXVI. **Descripción de costos de inversión**

LAMPARA	CANT.	PRECIO	TOTAL
LED PANEL 45W	746	Q 367,00	Q 273 782,00
CABLE TSJ	746	Q 12,31	Q 9 183,26
CONECTOR TSJ	746	Q 1,26	Q 939,96
<b>TOTAL DE INVERSIÓN</b>			<b>Q 283 905,22</b>

Fuente: elaboración propia.

Para llevar a cabo el cambio de todas las luminarias se necesita una inversión de Q 283 905,22 sin tomar en cuenta la mano de obra para la colocación de las luminarias, dicha inversión tendrá un tiempo de recuperación de 3,25 años, o lo que es 3 años y 3 meses; mientras que la vida útil de las luminarias es de 30 000 horas, considerando un uso de 8 horas diarias sin discernir entre días no laborales, la vida útil del proyecto sería de 10 años. Por lo que la inversión es factible y recuperable a 3 años y 3 meses.

El ahorro energético se ve reflejado en el ahorro mensual como puede observarse a continuación, para poder visualizarlo se tomó a partir del mes de septiembre 2018 y el 2019 completo.

Tabla LXVII. **Cuadro comparativo entre el costo mensual proyectado y el costo aplicando el cambio de opción 1**

AÑO	Energía Estimada (kWh)	Tarifa	Cobro	Energía Estimada OPCIÓN 1 (kWh)	Tarifa	Cobro
sep-18	32 391	Q 0,75	Q 24 265,70	29 954,53	Q 0,75	Q 22 440,47
oct-18	33 918	Q 0,75	Q 25 409,33	31 115,64	Q 0,75	Q 23 310,31
nov-18	33 045	Q 0,67	Q 21 987,56	30 486,67	Q 0,67	Q 20 285,36
dic-18	30 621	Q 0,67	Q 20 375,01	28 428,65	Q 0,67	Q 18 915,98
ene-19	36 100	Q 0,67	Q 24 020,17	33 419,65	Q 0,67	Q 22 236,92
feb-19	36 219	Q 0,65	Q 23 708,53	33 782,87	Q 0,65	Q 22 113,70
mar-19	35 393	Q 0,65	Q 23 167,39	32 834,36	Q 0,65	Q 21 492,82
abr-19	35 224	Q 0,65	Q 23 057,01	32 787,55	Q 0,65	Q 21 462,18
may-19	36 108	Q 0,68	Q 24 385,91	33 428,25	Q 0,68	Q 22 575,93
jun-19	35 177	Q 0,68	Q 23 756,68	32 740,19	Q 0,68	Q 22 111,25
jul-19	36 834	Q 0,68	Q 24 876,28	34 032,52	Q 0,68	Q 22 984,03
ago-19	35 393	Q 0,66	Q 23 324,22	32 834,36	Q 0,66	Q 21 638,32
sep-19	35 926	Q 0,66	Q 23 675,66	33 367,64	Q 0,66	Q 21 989,76
oct-19	36 825	Q 0,66	Q 24 268,20	34 023,13	Q 0,66	Q 22 421,74
nov-19	35 177	Q 0,66	Q 23 220,85	32 740,19	Q 0,66	Q 21 612,53
dic-19	34 026	Q 0,66	Q 22 461,61	31 711,85	Q 0,66	Q 20 933,70

Fuente: elaboración propia.

## Opción 2. Cambio de luminarias existentes por luminarias de tipo led

Ahora bien, si se opta por un cambio parcial de las luminarias, también se obtendría un aumento en la incidencia lumínica ya que una parte muy importante del cambio es que el montaje de las luminarias sea de tipo suspendido, a una distancia aproximada de 1 metro del techo hacia abajo, o lo que es lo mismo, 3 metros sobre el nivel del piso.

La comparación que utilizaría este tipo de opción quedaría de la siguiente manera:

Tabla LXVIII. **Comparación de iluminación actual tipo fluorescente con la propuesta de opción 2**

	<b>ACTUAL</b>	<b>PROPUESTA</b>
<b>TIPO</b>	<b>Fluorescente</b>	<b>LED</b>
POTENCIA (W)	65	45
LUMENES (Lm)	2 492	4 239
LAMPARAS POR OFICINA ESTÁNDAR	12	6
POTENCIA TOTAL (W)	780	270
RADIO DE TRABAJO (m)	2	2
TOTAL DE LUXES (Lx)	197	335

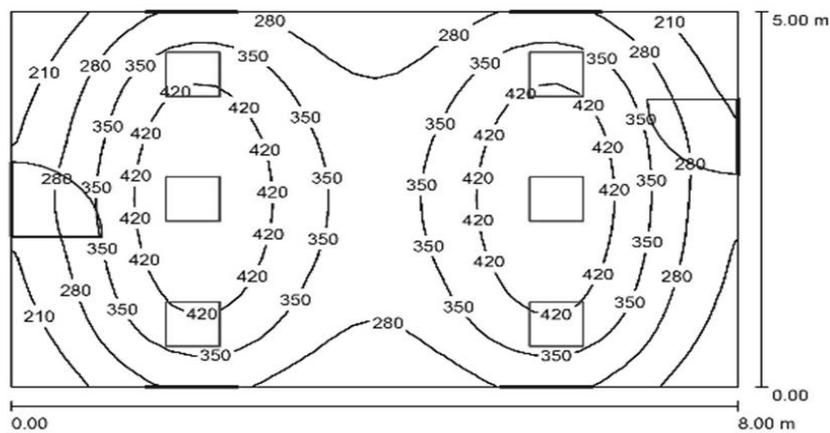
Fuente: elaboración propia.

Como se observa en esta opción se optaría por reducir a la mitad la cantidad de luminarias, con lo que la incidencia lumínica no será tan alta, sin embargo, si la suficiente para alcanzar los valores mínimos requeridos. Además, con esta opción se tiene la facilidad de luego complementar la otra mitad de luminarias. Cabe mencionar que la otra mitad de luminarias se

pueden dejar y más adelante estudiar la necesidad de colocar más luminarias tipo led.

En la figura 54 se observa el detalle de incidencia lumínica proyectado con el cambio de las luminarias y cómo podemos observar le valor medio es de 335 sobre el plano útil.

Figura 54. **Simulación y cálculo de luxes en sala estándar utilizando la propuesta de opción 2**



Altura del local: 4.000 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:65

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	335	147	491	0.439
Suelo	20	276	155	351	0.563
Techo	70	40	28	49	0.694
Paredes (4)	27	140	28	573	/

Plano útil:		UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura:	0.850 m	Pared izq	21	22	
Trama:	32 x 32 Puntos	Pared inferior	21	22	
Zona marginal:	0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	6	FEILOSYLVANIA 0047440 Start Flat Panel LED 600 NW 4000K (Tipo 1)* (1.000)	4239	4239	46.0

\*Especificaciones técnicas modificadas

Total: 25434 Total: 25434 276.0

Valor de eficiencia energética: 6.90 W/m<sup>2</sup> = 2.06 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 40.00 m<sup>2</sup>)

Fuente: elaboración propia, empleando software Dialux.

En este caso el consumo energético se reduce en un 63 % del consumo actual solamente del rubro de iluminación, de un consumo de 52 657 watts se reduce a 20 142 watts, tal y como podemos ver en la siguiente tabla:

Tabla LXIX. **Inventario de luminarias actuales y propuesta de opción 2**

ACTUALES						PROPUESTA						
	TIPO	LUMINARIAS	LAMPARAS	POTENCIA LAMPARA	POT. TOTAL	TIPO	CANTIDAD	POTENCIA	POTENCIA TOTAL (W)	HORAS USO	ENERGIA (kWh) / DIA	ENERGIA (kWh) / MES
LÁMPARAS FLUORESCENTES	CFL (65w)	589	589	65	38 285	FLAT PANEL LED	295	45	13 275	8	106,2	2124
	CFL (65w)	134	134	65	8 710	BOMBILLO LED	134	15	2 010	8	16,08	321,6
	TIPO U (2X40)	23	46	40	1 840	FLAT PANEL LED	23	45	1 035	8	8,28	165,6
	LED	91	91	42	3 822	LED	91	42	3 822	8	30,576	611,52
	<b>TOTALES</b>				<b>52 657</b>		<b>543</b>		<b>20 142</b>	<b>8</b>	<b>161,136</b>	<b>3222,72</b>

Fuente: elaboración propia.

En este caso se cambian solamente las luminarias de las salas principales por luminarias tipo panel led suspendidas a una altura de 3 metros sobre el nivel del piso; y las demás se cambian por bombillos tipo led de 15 watts.

La inversión de esta opción sería un total de Q 123 801,76 aproximadamente y a continuación se describe el monto:

Tabla LXX. Descripción costos de inversión

LAMPARA	CANTIDAD		PRECIO	TOTAL
FOCO LED 15 W	134		20,75	Q 2 780,50
LED PANEL 45W	318		367	Q 116 706,00
CABLE TSJ		318	12,31	Q 3 914,58
CONECTOR TSJ		318	1,26	Q 400,68
<b>TOTALES DE INVERSIÓN</b>				<b>Q 123 801,76</b>

Fuente: elaboración propia.

La inversión total inicial no está considerando la mano de obra de colocación de las luminarias, y se contempla un tiempo de recuperación de 1,5 años, o lo que es 1 año y 6 meses; mientras que la vida útil del proyecto es de 10 años, por lo que concluimos que la opción es factible.

En la tabla LXXII se ve un comparativo de ambas opciones con sus montos iniciales de inversión y la tasa de recuperación de cada opción.

Ahora bien, para poder visualizar mejor el ahorro que representará económicamente esta opción se observa el cuadro comparativo siguiente, el cual muestra a manera de ejemplo el ahorro que podría presentarse a partir del mes de septiembre 2018 y durante el 2019.

Tabla LXXI. **Cuadro comparativo entre el costo mensual proyectado y el costo aplicando el cambio de opción 2**

AÑO	Energía Estimada (kWh)	Tarifa	Cobro	Energía Estimada OPCIÓN 2 (kWh)	Tarifa	Cobro
sep-18	32 391	Q 0,75	Q 24 265,70	27 193,65	Q 0,75	Q 20 372,15
oct-18	33 918	Q 0,75	Q 25 409,33	27 940,63	Q 0,75	Q 20 931,75
nov-18	33 045	Q 0,67	Q 21 987,56	27 587,75	Q 0,67	Q 18 356,46
dic-18	30 621	Q 0,67	Q 20 375,01	25 943,86	Q 0,67	Q 17 262,64
ene-19	36 100	Q 0,67	Q 24 020,17	30 382,68	Q 0,67	Q 20 216,17
feb-19	36 219	Q 0,65	Q 23 708,23	31 021,99	Q 0,65	Q 20 306,47
mar-19	35 393	Q 0,65	Q 23 167,39	29 935,43	Q 0,65	Q 19 595,23
abr-19	35 224	Q 0,65	Q 23 057,01	30 026,67	Q 0,65	Q 19 654,95
may-19	36 108	Q 0,68	Q 24 385,91	30 391,28	Q 0,68	Q 20 524,90
jun-19	35 177	Q 0,68	Q 23 756,68	29 979,31	Q 0,68	Q 20 246,68
jul-19	36 834	Q 0,68	Q 24 876,28	30 857,51	Q 0,68	Q 20 839,77
ago-19	35 393	Q 0,66	Q 23 324,22	29 935,43	Q 0,66	Q 19 727,88
sep-19	35 926	Q 0,66	Q 23 675,66	30 468,71	Q 0,66	Q 20 079,32
oct-19	36 825	Q 0,66	Q 24 268,20	30 848,12	Q 0,66	Q 20 329,36
nov-19	35 177	Q 0,66	Q 23 220,85	29 979,31	Q 0,66	Q 19 790,01
dic-19	34 026	Q 0,66	Q 22 461,61	29 089,01	Q 0,66	Q 19 202,31

Fuente: elaboración propia.

- **Conclusión.**

Después de analizadas ambas opciones, se ve que las dos representan un ahorro considerable y cómo se puede ver en la tabla LXXII, el análisis económico muestra que ambas opciones son completamente factibles y rentables.

Tabla LXXII. **Análisis de retorno de inversión de ambas opciones**

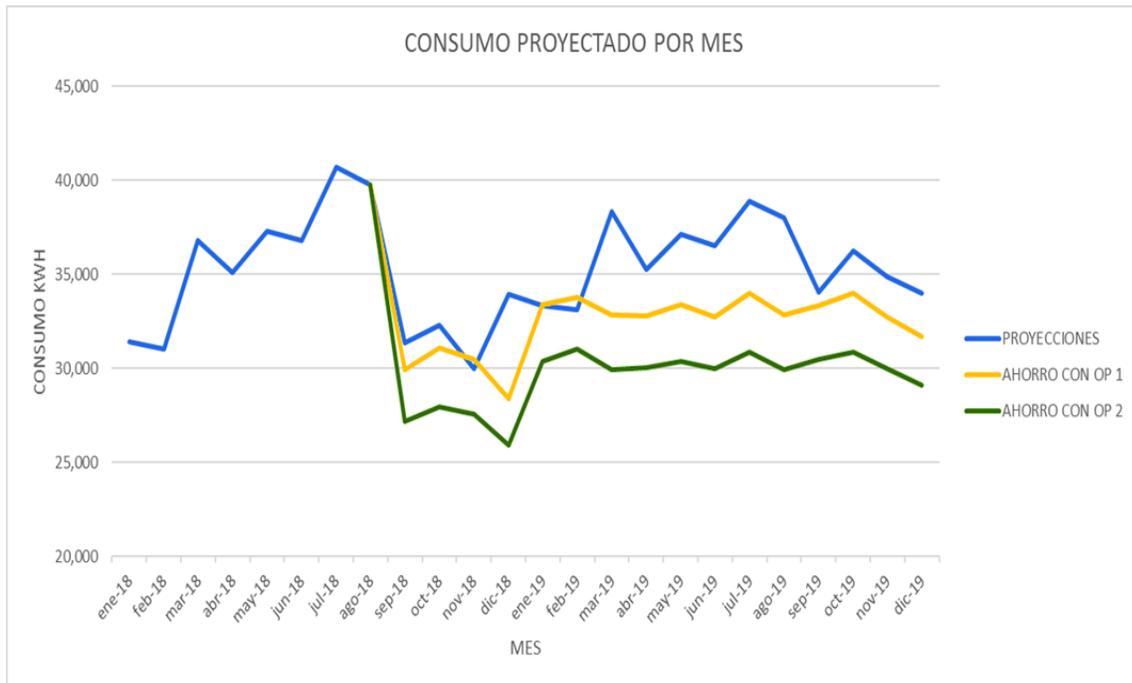
PROYECTO	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2
	CAMBIO LED DEL TOTAL DE LUMINAIRAS	CAMBIO A LED POR LA MITAD DE LAS LUMINARIAS
INVERSIÓN INICIAL	Q 380 273,50	Q 164 881,00
AHORRO MENSUAL	Q 4 451,65	Q 4 379,04
VIDA ÚTIL DEL PROYECTO (10 AÑOS)	10	10
RETORNO DE INVERSIÓN (AÑOS)	6	3
CONCLUSIÓN	FACTIBLE	FACTIBLE

Fuente: elaboración propia.

Ambas opciones representan un ahorro energético, además de una mejora en la calidad lumínica de los distintos ambientes de trabajo que son utilizados en el edificio 1 del Ministerio de Educación. Como recomendación, se considera que la opción 2 es la mejor, ya que la inversión es menor, el tiempo de retorno también es mucho menor lo que dará el beneficio a menor tiempo. También al reducir el número de luminarias totales, el consumo energético es menor lo que significa un mayor beneficio de ahorro. Además, de lo descrito anteriormente, la opción 2 permite un crecimiento posterior, es decir, ya con las luminarias instaladas se puede realizar nuevamente un estudio de calidad de luminosidad en el área de trabajo y en caso de que el nivel se encuentre todavía por debajo de lo requerido, se puede aumentar la cantidad de luminarias.

Ahora bien, se puede ver gráficamente como se proyecta el crecimiento del consumo en ambas opciones, con respecto a la proyección basados en históricos y a la proyección basada en mediciones.

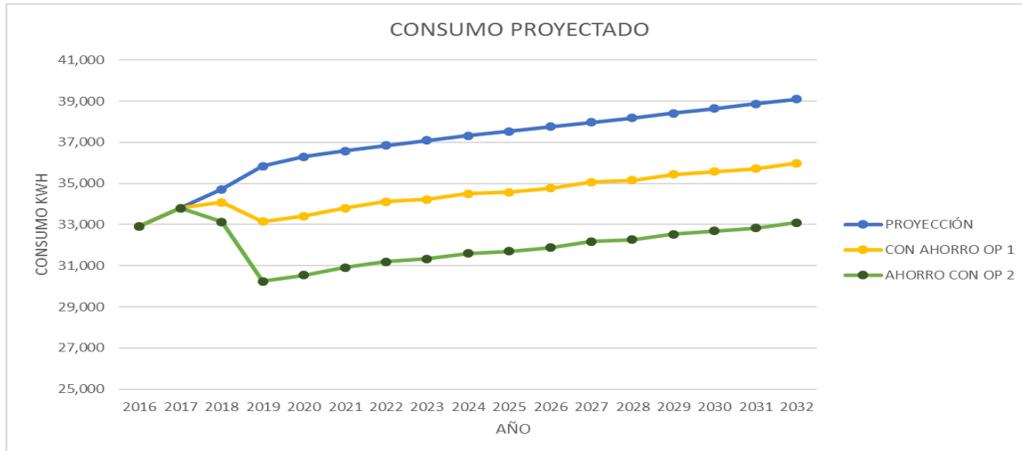
Figura 55. **Comparación de proyecciones mensuales por consumo de energía eléctrica en kWh incluyendo opción 1 y 2**



Fuente: elaboración propia.

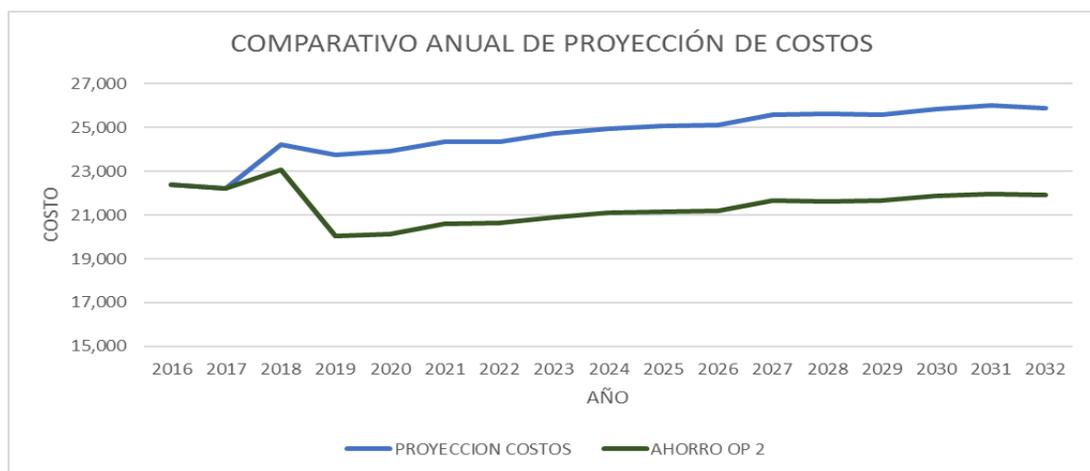
En el caso de decidir cualquiera de las opciones anteriores de iluminación, la diferencia entre ambas es significativa, sin embargo, debido a las recomendaciones brindadas en este capítulo se tomará de aquí en adelante la opción 2 para realizar las siguientes comparaciones, por ser la más recomendada. A continuación, se aprecia la gráfica por año del consumo energético y su comparación con los ahorros que se pueden percibir al realizar el cambio de luminarias a led.

Figura 56. **Comparación de proyecciones anuales por consumo de energía eléctrica en kWh incluyendo opción 1 y 2**



Fuente: elaboración propia.

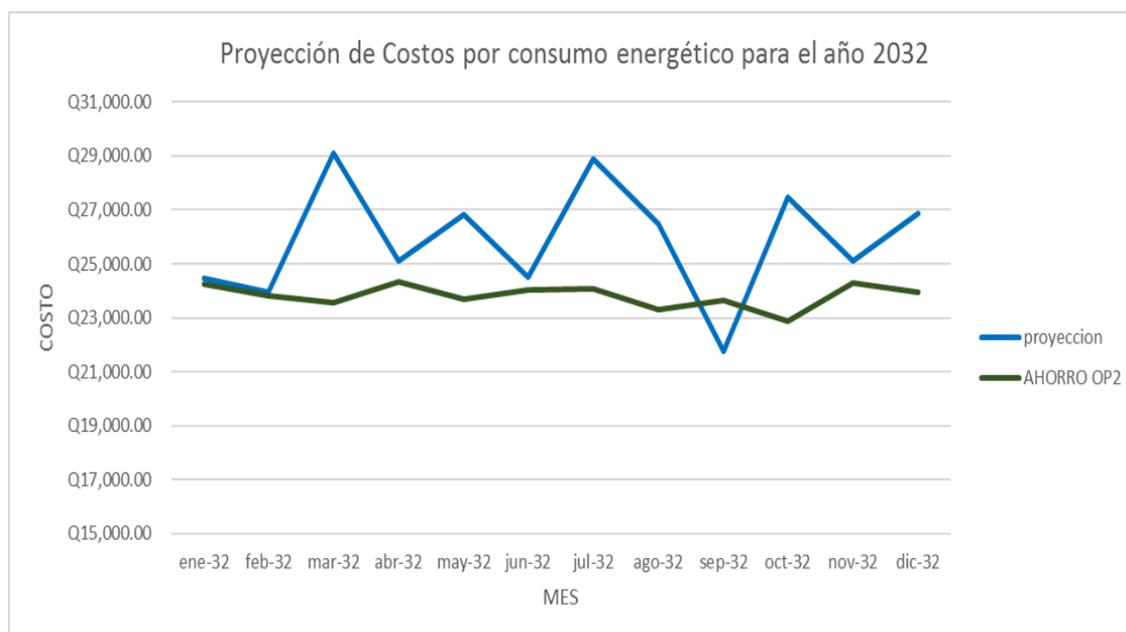
Figura 57. **Comparación de proyecciones anuales proyectadas al 2032, por costo económico en quetzales por consumo de energía eléctrica incluyendo opción 2**



Fuente: elaboración propia.

Y el 2032 en donde observamos la diferencia en costos de implementar la instalación de luminarias led.

**Figura 58. Comparación de proyecciones mensuales proyectadas para el 2032, por costo económico en quetzales por consumo de energía eléctrica incluyendo opción 2**



Fuente: elaboración propia.

## 10.2. Buenas prácticas y hábitos de consumo

Las buenas prácticas pueden hacer un mayor impacto ya que a pesar de ser pequeños detalles, en conjunto forman una gran parte del consumo total, además que el llevarlos a cabo no requieren de ninguna inversión inicial. Según el análisis realizado se puede reducir el consumo de energía eléctrica hasta un 12 % es decir a un promedio de 6 566 kWh al mes, lo que con una inversión nula representa la opción más rentable.

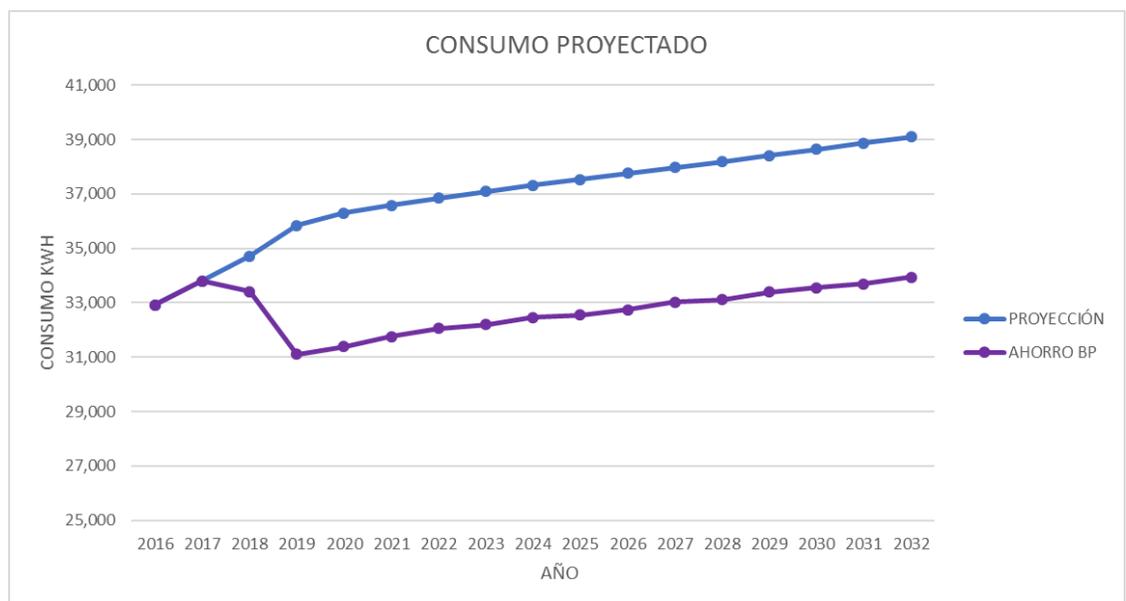
Tabla LXXIII. **Análisis económico de ahorro por buenas prácticas**

PROYECTO	BUENAS PRACTICAS
INVERSIÓN INICIAL	0,00
AHORRO MENSUAL	Q 4 465,93
AHORRO ANUAL	Q 53 591,10
VIDA ÚTIL	NA
RETORNO DE INVERSIÓN	NA

Fuente: elaboración propia.

Y a continuación se puede ver gráficamente el ahorro energético producido por la implementación de buenas prácticas.

Figura 59. **Cuadro comparativo de ahorro al implementar buenas prácticas**

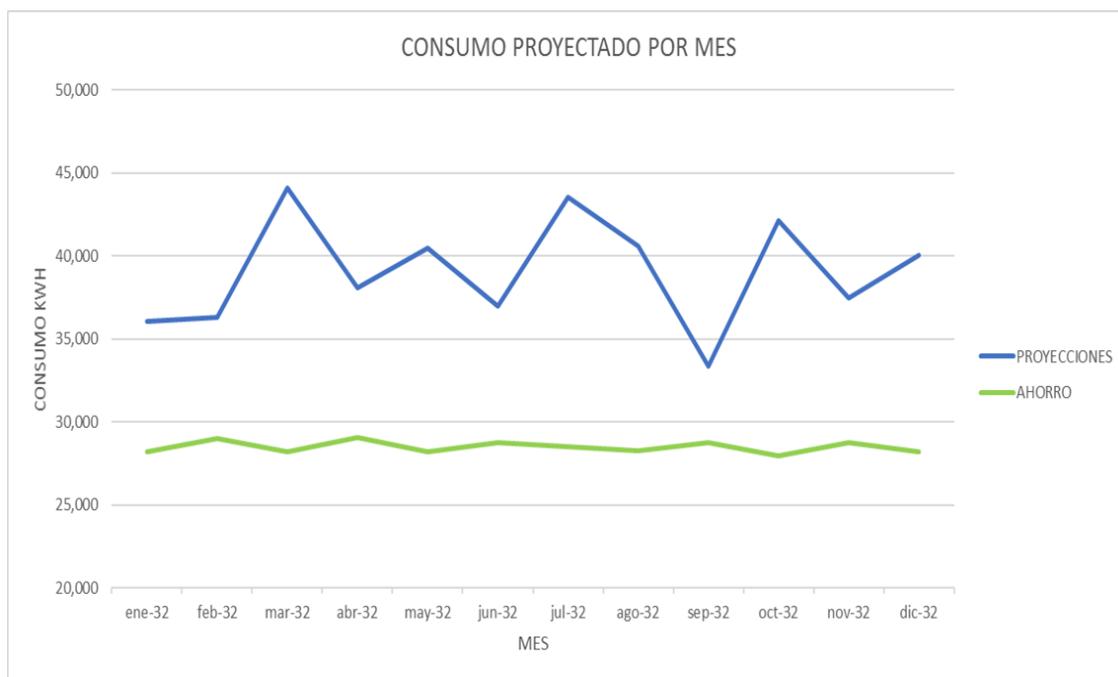


Fuente: elaboración propia.

Ahora bien, al aplicar la opción 2 de ahorro de consumo energético por iluminación más el ahorro que se produciría debido a las buenas prácticas, se tiene un ahorro total de 4 377 kWh al mes aproximadamente. Económicamente puede significar un ahorro mensual de Q3 628,96 y al año Q43 547,52.

En la figura 60 se puede ver el comportamiento de ahorro contra la proyección sin aplicar ninguna medida y contra la proyección basada en históricos.

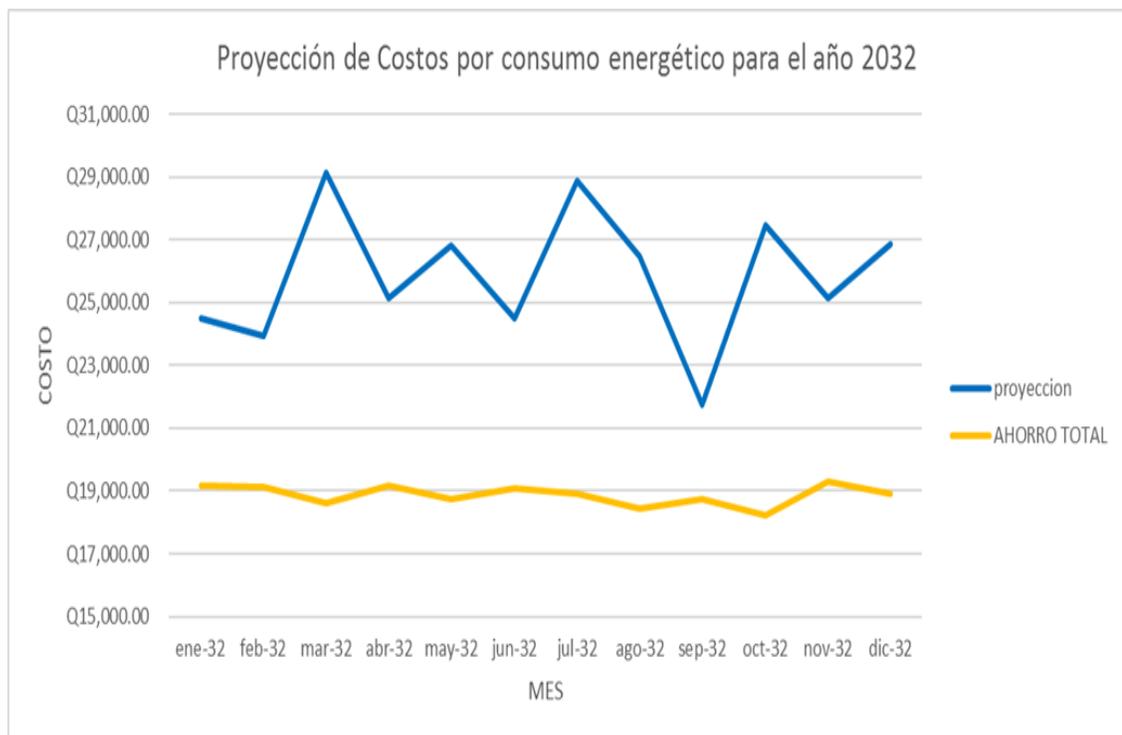
**Figura 60. Comparativo de proyecciones mensual de consumo energético proyectado al 2032 basado en históricos, mediciones y aplicando las medidas de ahorro**



Fuente: elaboración propia.

Y el mismo año analizado económicamente.

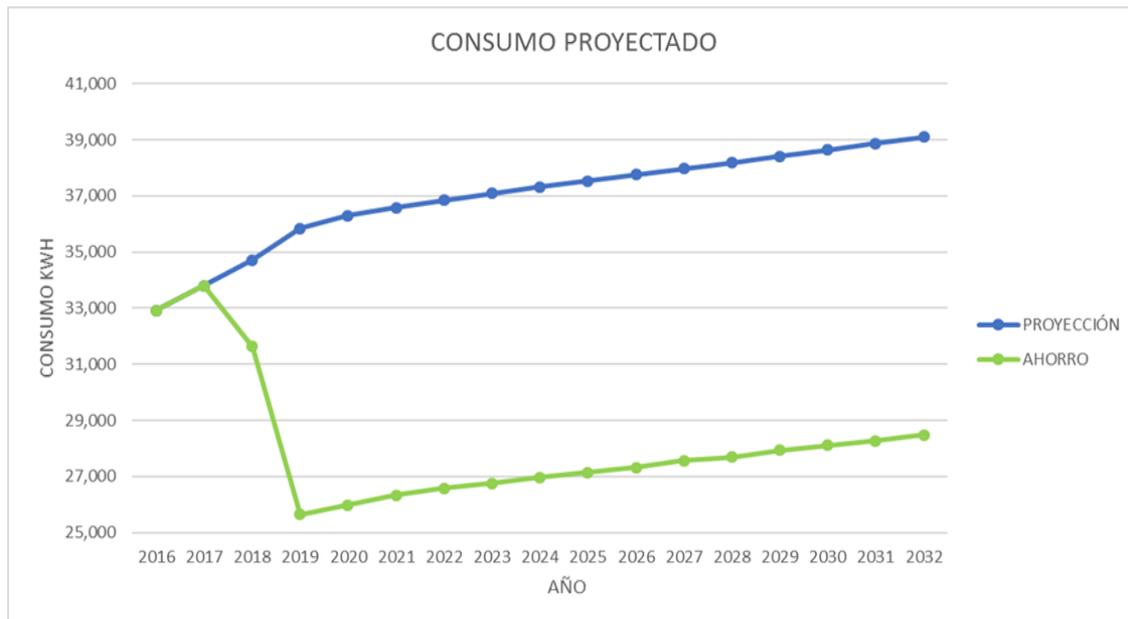
Figura 61. **Comparativo de proyecciones mensual de costos por consumo energético proyectado al 2032 basado en históricos, mediciones y aplicando las medidas de ahorro**



Fuente: elaboración propia.

Ahora visto de manera global, año con año hasta el 2032.

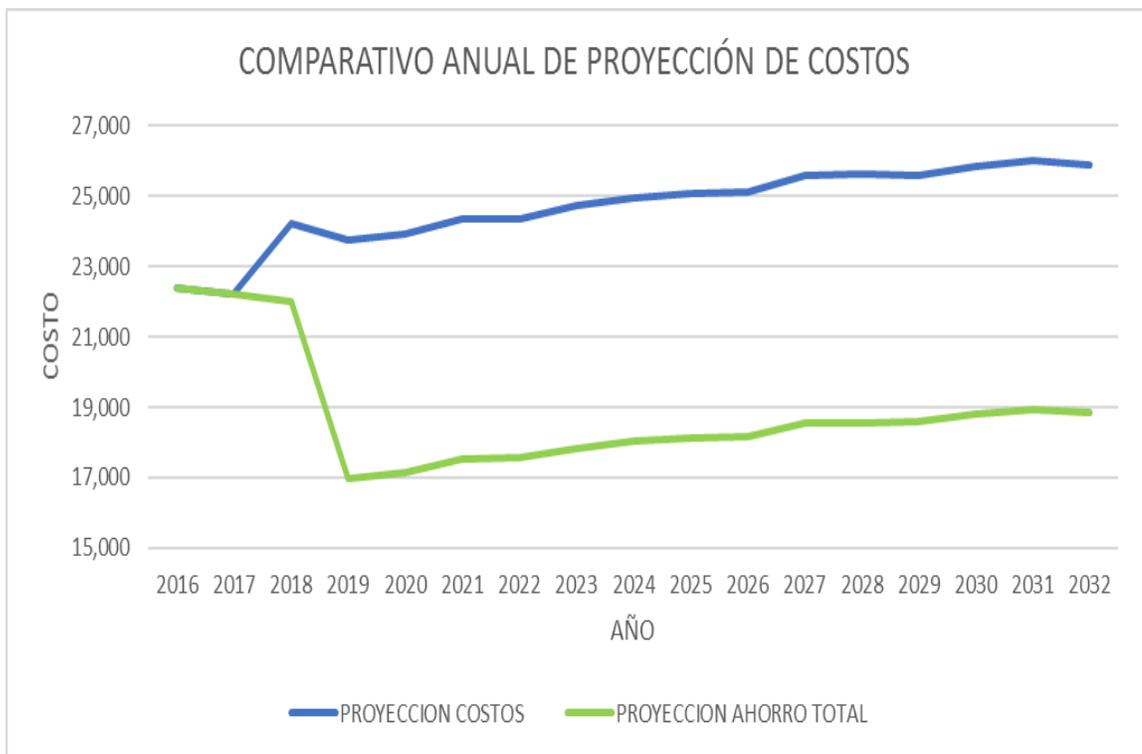
Figura 62. **Comparativo de proyecciones de consumo energético proyectado al 2032 basado en históricos, mediciones y aplicando las medidas de ahorro**



Fuente: elaboración propia.

Asimismo, se puede ver el comparativo del comportamiento económico.

Figura 63. **Comparativo de proyecciones de costo por consumo energético anuales, proyectado al 2032 basado en históricos, mediciones y aplicando las medidas de ahorro**



Fuente: elaboración propia.

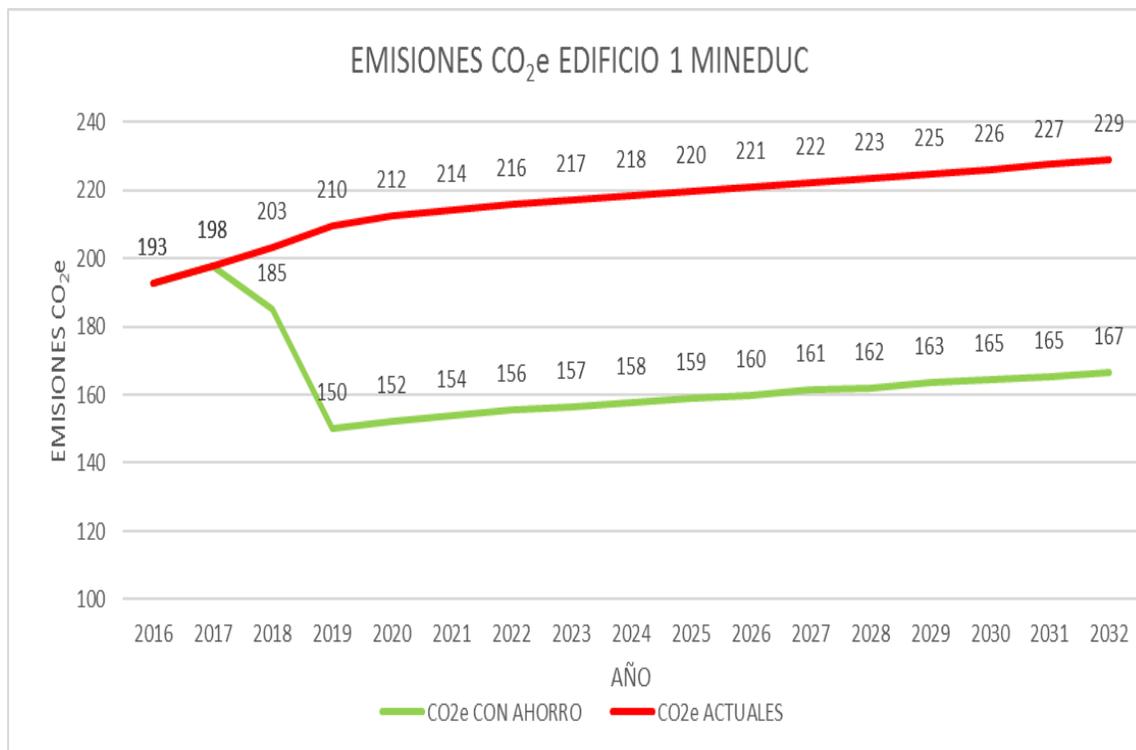


## **11. EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO**

Los gases de efecto invernadero son un tema muy importante cuando se habla de eficiencia energética ya que a pesar de que el país se encuentra dentro de los que emiten menor cantidad de gases de efecto invernadero, eso no implica que no se deba reducir al mínimo la emisión de dichos gases, ya que es un compromiso de la humanidad completa el tomar las medidas necesarias para que la emisión de gases de efecto invernadero sea la mínima y así contribuir al desarrollo sostenible de nuestro planeta y evitar que se continúe aumentando la temperatura de éste cada vez más de manera desmedida.

El edificio 1 del Ministerio de Educación consume un promedio de energía eléctrica de 528 118 kWh al año, dicha cantidad genera en total un promedio de 257,56 toneladas de CO<sub>2</sub>e al año.

Figura 64. **Comparativo de la Emisión de Gases de Efecto invernadero en las condiciones actuales y con las medidas de ahorro energético**



Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar, si se puede conseguir una reducción considerable de las emisiones de gases de efecto invernadero, aplicando las medidas de ahorro propuestas y también estaremos colaborando con la reducción del calentamiento global.

## CONCLUSIONES

1. A pesar del tiempo y del poco orden que se lleva al realizar cambios en las instalaciones, estas se encuentran dentro de los parámetros normales y no se encontraron calentamientos anormales.
2. Después de realizado el estudio, el mayor problema se encontró en la iluminación, la cual es muy pobre por lo que se propone realizar un cambio a tecnología led.
3. Según el estudio de factibilidad, la mejor opción es realizar un cambio parcial de las luminarias a led, para evitar saturación de iluminación y al mismo tiempo mantener bajo el costo inicial de instalación y reducir el gasto energético mensual y por consiguiente el gasto económico.
4. También se encontró que el implementar un control de cambios permitiría que el departamento correspondiente pueda estar al tanto de los cambios y mejoras que se realicen y al mismo tiempo evitar la compra descontrolada de equipos y aumento de carga eléctrica, la cual en algún momento llevaría al calentamiento y falla en las protecciones.



## RECOMENDACIONES

1. Cambio de tecnología led todas las luminarias actuales, colocando tipo panel led suspendidas a una altura más adecuada, en las oficinas y áreas donde el techo se encuentra a 4 metros, bajar a 3 metros. Y reducir la cantidad de éstas y por ende su consumo total.
2. Plantear a los empleados los hábitos de consumo y utilización de equipos adecuada para que puedan reducir el gasto total. Además de darle seguimiento a esto para conseguir un verdadero compromiso por parte de los empleados.
3. Designar personal encargado de darle seguimiento a las mejoras para que sean implementadas y que se le pueda dar el seguimiento correspondiente.
4. Realizar un levantamiento eléctrico que incluya planos actualizados de los circuitos eléctricos actuales, ya que no se cuentan con los mismos, ni en papel ni en digital.
5. Implementar un sistema de control de cambios de equipos y ampliaciones o modificaciones a la red eléctrica, para hacer más eficiente los estudios futuros.
6. Contar con un plan de mantenimiento preventivo para el sistema eléctrico y de iluminación, ya que actualmente no se cuenta con uno.



## BIBLIOGRAFÍA

1. *Armónicos en Redes Eléctricas*. Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador, 2018, 33 p.
2. Dirección General de Energía. *Guía práctica para realizar auditorías energéticas*. Guatemala. 2017, 8 p.
3. *Fluke 434-II/435-II/437-II Analizador trifásico de energía y calidad de la energía eléctrica, Manual de uso*. Fluke Corporation, 2012. 182 p.
4. NAVARRO FUENTES, Carlos Alberto Fernando. *Estudio Eléctrico de las Instalaciones del Edificio S-8 y T-9 del Campus Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Eléctrica, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2006. 109 p.
5. RODRIGUEZ, Julian. & LLANO, Cristian. *Guía para el diseño de instalaciones de iluminación interior utilizando Dialux*. Trabajo de graduación de Tecnólogo en Electricidad. Facultad de Tecnología, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia, 2012, 86 p.



# APÉNDICES

## Apéndice 1. Encuesta página 1

**ESTUDIO ENERGÉTICO EN EDIFICIOS DEL MINISTERIO DE EDUCACIÓN**

Buen día.

Se está realizando un estudio energético en las instalaciones de los edificios del Ministerio de Educación, para lo cual será de gran ayuda que usted se sirva responder la siguiente encuesta basándose en sus hábitos regulares en el ambiente laboral. El cuestionario dura 5 minutos aproximadamente.

**NOMBRE:**

\_\_\_\_\_

1. ¿En qué edificio del ministerio de Educación labora usted?

Edificio 1

Edificio 2

2. ¿Cuál es su horario regular de trabajo?

De 8:00 a 17:00 hrs.

De 7:00 a 16:00 hrs.

De 9:00 a 18:00 hrs.

3. ¿Al salir de una habitación acostumbra apagar las luces?

Siempre

Casi siempre

A veces

Casi nunca

Nunca

4. ¿Cuál considera que es el mayor problema en el sistema eléctrico en su oficina?

Faltan tomacorrientes

Actualización de equipos electrónicos

La iluminación en los puestos de trabajo

Otros: \_\_\_\_\_

5. ¿Utiliza usted la opción de ahorro de energía?

Sí, siempre

No, no se como se utilizan

En algunos

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 2. Encuesta página 2

6. Por favor marcar que equipos utiliza con ahorro de energía:

- Computadora
- Impresora
- Fotocopiadora
- Laptop o Computadora portátil
- Escáner
- Refrigeradora
- Monitor
- Otros

7. ¿En qué rango de horario enciende normalmente su computadora en el día? Puede marcar varias opciones.

- Entre las 7:00 y 9:30 hrs.
- Entre las 13:00 y 15:00 hrs.
- Después de las 16:00 hrs.

8. ¿A qué hora suele apagar su computadora durante el día? Puede marcar varias opciones.

- Entre las 12:00 y 14:00 hrs.
- Entre las 16:00 y 18:00 hrs.
- Nunca

9. Si pasan largos periodos de tiempo ( 1 o 2 horas) sin usar su computadora usualmente usted:

- La apaga
- La deja suspendida
- La deja encendida normalmente

10. ¿En su oficina se utiliza el aire acondicionado?

- Si
- No

11. ¿A qué temperatura se mantiene el termostato del aire acondicionado normalmente?

- Cerca de 23°
- Cerca de 18°
- Otros

Fuente: elaboración propia.

### Apéndice 3. Encuesta página 3

12. ¿Se suele mantener las puertas y ventanas abiertas, mientras utiliza el aire acondicionado?

Sí

No

13. ¿Que aparatos diría usted que permanecen enchufados despues de terminar la jornada laboral?

Computadora

Microondas

Cafetera

Cargador de celular

Cargador de laptop

Refrigerador

Impresora

Fotocopiadora

Otros

14. ¿Imprime a doble cara y en blanco y negro cuando es posible?

Siempre

A veces

Nunca

15. ¿Conoce usted algún plan de ahorro energético para su lugar de trabajo?

Sí

No

16. ¿Separa los residuos para poder reciclar?

Sí

No

17. ¿Vería positivo que se utilice una tecnología de energía renovable para suministrar energía a las oficinas?

Sí

No

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 4. Encuesta página 4

18. ¿Estaría de acuerdo con que se realicen campañas informativas como parte de un plan de ahorro energético?

Sí

No

19. ¿Estaría dispuesto a cambiar algunos hábitos de consumo para reducir el gasto de energía total del edificio?

Sí

No

Tal vez

MUCHAS GRACIAS POR SU TIEMPO.

ENVIAR

Fuente: elaboración propia.

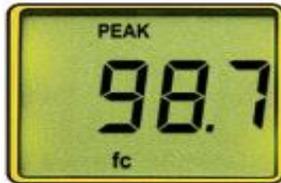
## ANEXOS

### Anexo 1. Especificaciones medidor de iluminación

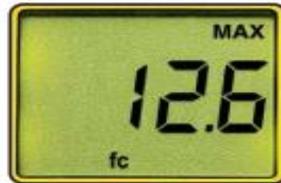
#### Especificaciones

MODELO	CA811	CA813*
<b>MEDICIONES</b>		
<b>Escala</b>	20pc, 200pc, 2000pc, 20kpc	20pc, 200pc, 2000pc, 20kpc
pc = pie-candela = lm/πe = 10.76 lux	20lux, 200lux, 2000lux, 20klux.	20lux, 200lux, 2000lux, 20klux, 200klux
<b>Resolución</b>	0.01pc ó 0.01lux	0.01pc ó 0.01lux
<b>Sensor</b>	Fotodiodo de silicio	Fotodiodo de silicio
<b>Respuesta espectral</b>	Curva fotóptica CIE	Curva fotóptica CIE
<b>Precisión para una fuente de luz de 2856K</b>	±3% de Lectura ± 10cts	±3% de Lectura ± 10cts
<b>Frecuencia muestreo de display</b>	2.5 veces por segundo, nominal	
<b>GENERALES</b>		
<b>Pantalla</b>	Pantalla LCD de 3½ dígitos	
<b>Temperatura de Operación</b>	32° a 122°F (0° a 50°C), <80% RH	
<b>Temperatura de Almacenaje</b>	-4° a 140°F (-20° a 60°C), 0 a 80% RH sin batería	
<b>Polaridad</b>	Automática	
<b>Alimentación</b>	9V Alkaline battery	
<b>Indicación de Batería Baja</b>	[- -] aparece cuando la tensión de la batería está baja	
<b>Dimensiones</b>	6.81 x 2.38 x 1.5" (173 x 60.5 x 38mm)	
<b>Peso</b>	Approx. 7.55 oz (214g) incluye batería	Approx. 7.9 oz (224g) incluye batería

\*Nota: El Modelo CA813 tiene mayor sensibilidad (200klux) y posee una mejor respuesta espectral a fuentes de luz comunes.



Pulsando el botón MAX, el Modelo CA811 guarda el MAXIMO valor medido cada 400ms.



Presionando el botón PEAK, el Modelo CA813 presenta en el display el valor PICO con un sentido cada 50ms.

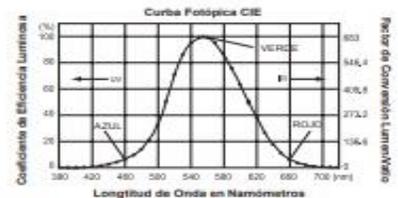


El sensor desmontable facilita la medición precisa de la iluminación en oficinas. La sonda posee un cordón extensible que facilita su orientación, evitando las sombras, y permite enfrentarla hacia una fuente de luz determinada.

#### Construcción



1. Sensor con fotodiodo
2. Indicador de Batería Baja
3. Selector de Escala
4. Botón PEAK (Pico) – (Modelo CA813)
5. Selector Encendido/Modo (pc – lux)
6. Sensor de luz extensible
7. Pantalla de 3½ dígitos
8. Botón HOLD (Guardar)



Fuente: Luxómetros Modelo CA 811 y CA 813. [www.aemc.com](http://www.aemc.com).

Consulta: diciembre de 2017.

## Anexo 2. Especificaciones de entrada analizador de energía y calidad eléctrica

<b>Entrada</b>	
<b>Entradas de tensión</b>	
Número de entradas	4 (3 fases + neutro) acopladas en CC
Tensión máxima de entrada	1000 Vrms
Rango de la tensión nominal	Seleccionable de 1 V a 1000 V
Máxima tensión pico de medida	6 kV (solo modo de transitorios)
Impedancia de entrada	4 MΩ/5 pF
Ancho de banda	> 10 kHz, hasta 100 kHz para modo de transitorios
Escala	1:1, 10:1, 100:1, 1.000:1, 10.000:1 y variable
<b>Entradas de corriente</b>	
Número de entradas	4 (3 fases + neutro) acopladas en CC o CA
Tipo	Sonda o transformador de corriente con salida de mV o i430flex-TF
Rango	De 0,5 Arms a 600 Arms con la sonda i430flex-TF incluida (con sensibilidad de 10x). De 5 Arms a 6000 Arms con la sonda i430flex-TF incluida (con sensibilidad de 1x). De 0,1 mA/A a 1 V/A y personalizado para su uso con sondas opcionales de CA o CC.
Impedancia de entrada	1 MΩ
Ancho de banda	> 10 kHz
Escala	1:1, 10:1, 100:1, 1.000:1, 10.000:1 y variable
<b>Sistema de muestreo</b>	
Resolución	Convertidor A/D de 16 bits en 8 canales
Velocidad máxima de muestreo	200 kS/s en cada canal simultáneamente
Muestreo RMS	5000 muestras en 10/12 ciclos según IEC61000-4-30
Sincronización de PLL	4096 muestras en 10/12 ciclos según IEC61000-4-7
Frecuencia nominal	434-II y 435-II: 50 Hz y 60 Hz. 437-II: 50 Hz, 60 Hz y 400 Hz
<b>Modos de visualización</b>	
Visualización de formas de onda	Disponible en todos los modos con la tecla SCOPE 435-II y 437-II: Modo de visualización por defecto para función de transitorios Velocidad de actualización de 5x por segundo Visualiza 4 ciclos de datos de formas de onda en pantalla, hasta 4 formas de onda simultáneamente
Diagrama fasorial	Disponible en todos los modos mediante la función SCOPE Vista predeterminada para modo de desequilibrios
Lecturas de multímetro	Disponible en todos los modos excepto Monitor y Transitorios, proporciona una vista tabular de todas las lecturas disponibles Completamente personalizable hasta 150 lecturas para el modo de Registrador
Gráfico de tendencia	Disponible en todos los modos excepto Transitorios Cursor vertical simple con lectura min, máx y media en la posición del cursor
Gráfico de barras	Disponible en los modos de Monitor y Armónicos
Lista de eventos	Disponible en todos los modos Proporciona formas de onda solo en los modelos 435II y 437II

Fuente: *Luxómetros Modelo CA 811 y CA 813*. [www.aemc.com](http://www.aemc.com).

Consulta: diciembre de 2017.

### Anexo 3. Especificaciones de salida analizador de energía y calidad eléctrica

Modos de medida	
Osciloscopio	4 formas de onda de tensión, 4 formas de onda de corriente, Vrms, Vfund. Arms, A fund, V @ cursor, A @ cursor, ángulos de fase
V/A/Hz	Vrms fase a fase, Vrms fase a neutro, pico de tensión, factor de cresta de tensión, pico de amperios de Arms, factor de cresta de amperios, hercios
Fluctuaciones	Vrms $\frac{1}{2}$ , Arms $\frac{1}{2}$ , umbrales programables para la detección de eventos
Armónicos de CC, 1 a 50, hasta 9º armónico para 400 Hz	Tensión de armónicos, THD, amperios de armónicos, K factor amperios, vatios de armónicos, vatios THD, K factor vatios, tensión interarmónica, amperios interarmónicos, Vrms, Arms (relativos fundamental o a rms total)
Potencia y energía	Vrms, Arms, Wfull, Wfund., VAfull, VAfund., VAarmónicos, VAdeesequilibrio, VA, PF, DPF, CosQ, Factor de eficiencia, Wavance, Wretroceso
Calculadora de pérdida de energía	Wfund, VAarmónicos, VAdeesequilibrio, VA, A, pérdidas en activa, pérdida en reactiva, pérdidas en armónicos, pérdidas en desequilibrios, pérdidas en el neutro, costo de las pérdidas (basado en coste definido por el usuario / kWh)
Eficiencia de inversores (se necesita sonda opcional de corriente CC)	Wfull, Wfund, Wdc, Eficiencia, Vdc, Adc, Vrms, Arms, Hz
Desequilibrio	Vneg%, Vcero%, Aneg%, Acero%, Vfund, Afund, ángulos de fase V, ángulos de fase A
Corrientes de arranque "inrush"	Corriente inrush, duración inrush, Arms $\frac{1}{2}$ , Vrms $\frac{1}{2}$
Monitor	Vrms, Arms, tensión de armónicos, THD de tensión, PLT, Vrms $\frac{1}{2}$ , Arms $\frac{1}{2}$ , Hz, fluctuaciones, interrupciones, cambios rápidos de tensión, desequilibrio y señales de la red. Todos los parámetros se miden de forma simultánea de acuerdo con ENSO160. La opción "flagging" se aplica de acuerdo con la norma IEC61000-4-30 para evidenciar lecturas no fiables debidas a fluctuaciones.
Parpadeo de tensión (solo 435-II y 437-II)	Pst (1 min.), Pst, Plt, Pinst, Vrms $\frac{1}{2}$ , Arms $\frac{1}{2}$ , Hz
Transitorios (solo 435-II y 437-II)	Formas de onda de transitorios 4x tensión 4x amperios, disparos: Vrms $\frac{1}{2}$ , Arms $\frac{1}{2}$ , Pinst
Transmisión de señales (solo 435-II y 437-II)	Tensión de señal relativa y absoluta promediadas durante tres segundos hasta dos frecuencias de señal seleccionables
Onda de potencia (solo 435-II y 437-II)	Vrms $\frac{1}{2}$ , Arms $\frac{1}{2}$ W, Hz y formas de onda de osciloscopio para tensión, amperios y vatios
Registrador	Selección personalizada de hasta 150 parámetros de calidad eléctrica simultáneamente en las 4 fases

Fuente: *Analizadores Trifásicos de Calidad Eléctrica y Energía 430 Serie II de Fluke*, datos técnicos. [www.fluke.com](http://www.fluke.com). Consulta: diciembre de 2017

## Anexo 4. Especificaciones de parámetros eléctricos del analizador de energía y calidad eléctrica

	Modelo	Rango de medida	Resolución	Precisión
<b>Voltios</b>				
Vrms (CA+CC)	434 II	1 V a 1000 V fase a neutro	0,1 V	± 0,5% de la tensión nominal****
	435-II y 437-II	1 V a 1000 V fase a neutro	0,01 V	± 0,1% de la tensión nominal****
Pico de tensión		1 V pico de tensión a 1400 V pico de tensión	1 V	5% de la tensión nominal
Factor de cresta de tensión		1,0 > 2,8	0,01	± 5%
Vrms½	434 II	1 V a 1000 V fase a neutro	0,1 V	± 1% de la tensión nominal
	434-II y 435-II		0,1 V	± 0,2% de la tensión nominal
Vfund	434 II	1 V a 1000 V fase a neutro	0,1 V	± 0,5% de la tensión nominal
	435-II y 437-II		0,1 V	± 0,1% de la tensión nominal
<b>Amperios (precisión sin incluir precisión de sonda)</b>				
Amperios (CA+CC)	i430-Flex 1x	5 A a 6000 A	1 A	± 0,5% ± 5 cuentas
	i430-Flex 10x	0,5 A a 600 A	0,1 A	± 0,5% ± 5 cuentas
	1mV/A 1x	5 A a 2000 A	1A	± 0,5% ± 5 cuentas
	1mV/A 10x	0,5 A a 200 A (solo CA)	0,1 A	± 0,5% ± 5 cuentas
Pico de corriente	i430-Flex	8400 A pico de corriente	1 Arms	± 5%
	1mV/A	5500 A pico de corriente	1 Arms	± 5%
Factor de cresta de amperios		1 a 10	0,01	± 5%
Amps½	i430-Flex 1x	5 A a 6000 A	1 A	± 1% ± 10 cuentas
	i430-Flex 10x	0,5 A a 600 A	0,1 A	± 1% ± 10 cuentas
	1mV/A 1x	5 A a 2000 A	1A	± 1% ± 10 cuentas
	1mV/A 10x	0,5 A a 200 A (solo CA)	0,1 A	± 1% ± 10 cuentas
Afund	i430-Flex 1x	5 A a 6000 A	1 A	± 0,5% ± 5 cuentas
	i430-Flex 10x	0,5 A a 600 A	0,1 A	± 0,5% ± 5 cuentas
	1mV/A 1x	5 A a 2000 A	1A	± 0,5% ± 5 cuentas
	1mV/A 10x	0,5 A a 200 A (solo CA)	0,1 A	± 0,5% ± 5 cuentas
<b>Hz</b>				
Hz	Fluke 434 a 50 Hz nominal	42,50 Hz a 57,50 Hz	0,01 Hz	± 0,01 Hz
	Fluke 434 a 60 Hz nominal	51,00 Hz a 69,00 Hz	0,01 Hz	± 0,01 Hz
	Fluke 435/7 a 50 Hz nominal	42,500 Hz a 57,500 Hz	0,001 Hz	± 0,01 Hz
	Fluke 435/7 a 60 Hz nominal	51,000 Hz a 69,000 Hz	0,001 Hz	± 0,01 Hz
	Fluke 437 a 400 Hz nominal	340,0 Hz a 460,0 Hz	0,1 Hz	± 0,1 Hz
<b>Alimentación</b>				
Vatios (VA, var)	i430-Flex	máx. 6000 MW	0,1 W a 1 MW	± 1% ± 10 cuentas
	1 mV/A	máx. 2000 MW	0,1 W a 1 MW	± 1% ± 10 cuentas
Factor de potencia (Cos φ/DPF)		0 a 1	0,001	± 0,1% con condiciones de carga nominal
<b>Energía</b>				
kWh (kVAh, kvarh)	i430-Flex 10x	Según escala de la sonda de corriente y tensión nominal		± 1% ± 10 cuentas
Pérdidas de energía	i430-Flex 10x	Según escala de la sonda de corriente y tensión nominal		± 1% ± 10 cuentas No incluye la precisión de la resistencia de línea

Fuente: Analizadores trifásicos de calidad eléctrica y energía 430 Serie II de Fluke, datos técnicos. [www.fluke.com](http://www.fluke.com). Consulta: diciembre de 2017.