

**FABIÁN MONGE NAVARRO, 201136728**

**ING. PROF. IGNACIO DEL VALLE**  
**COORDINADOR DE PRÁCTICA PROFESIONAL**

**ING. MANUEL CENTENO LÓPEZ**  
**PROFESOR TUTOR DE PRÁCTICA**

## **Proyecto final de graduación para grado de Licenciatura en Mantenimiento Industrial**

### **Optimizando el futuro: Un estudio de consumo energético en escuelas públicas de la provincia de Cartago, Costa Rica**

**Escuela de Ingeniería Electromecánica**  
**Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Industrial**

**Agosto, 2020**



- Canadian Engineering Accreditation Board
- Bureau canadien d'accréditation des programmes d'ingénierie

Carrera evaluada y acreditada  
por:

**CEAB**

# Contenido

<b>DATOS PERSONALES</b>	<b>8</b>
<b>DATOS DE LA EMPRESA</b>	<b>8</b>
<b>CARTA ACEPTACIÓN DE LA EMPRESA</b>	<b>9</b>
<b>DEDICATORIA</b>	<b>10</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>11</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>12</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>13</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>14</b>
<b>ANTECEDENTES</b>	<b>15</b>
<b>ANTECEDENTES TEÓRICOS</b>	<b>15</b>
<b>ANTECEDENTES PRÁCTICOS</b>	<b>18</b>
<b>ANTECEDENTES DE LA EMPRESA</b>	<b>20</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>21</b>
<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>22</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>22</b>
<b>PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>23</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>24</b>
<b>VIABILIDAD</b>	<b>26</b>
<b>ALCANCE</b>	<b>27</b>
<b>LIMITACIONES</b>	<b>27</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>28</b>
<b>METODOLOGÍA</b>	<b>42</b>

**PLAN DE TRABAJO** **44**

---

**CAPÍTULO 1. ESCUELA LA PITAHAYA DE CARTAGO** **46**

---

<b>ESTADO GENERAL</b>	<b>46</b>
<b>DATOS DE CONSUMO ENERGÉTICO POR ILUMINACIÓN</b>	<b>51</b>
<b>DATOS DE CALIDAD EN LA ILUMINACIÓN</b>	<b>53</b>
<b>ANÁLISIS DE CONSUMO DE AGUA</b>	<b>56</b>
<b>DATOS DE CONSUMO DE AGUA EN ORINALES</b>	<b>57</b>
<b>METAS ENERGÉTICAS PARA LA INSTITUCIÓN</b>	<b>58</b>
<b>POSIBLES SOLUCIONES</b>	<b>59</b>
CONSUMO ELÉCTRICO POR LUMINARIAS	59
CONSUMO HÍDRICO POR ORINALES	64
<b>ANÁLISIS FINANCIERO DE LAS POSIBLES SOLUCIONES</b>	<b>65</b>
LUMINARIAS LED Y LED DE ALTA POTENCIA	66
SENSORES DUAL	67
ORINALES SECOS	69
<b>PLAN DE ACCIÓN PARA LA ESCUELA LA PITAHAYA</b>	<b>70</b>

**CAPÍTULO 2. ESCUELA SAN IGNACIO DE LOYOLA** **73**

---

<b>ESTADO GENERAL</b>	<b>73</b>
<b>DATOS DE CONSUMO ENERGÉTICO POR ILUMINACIÓN</b>	<b>82</b>
<b>DATOS DE CALIDAD EN LA ILUMINACIÓN</b>	<b>83</b>
<b>METAS ENERGÉTICAS PARA LA INSTITUCIÓN</b>	<b>85</b>
<b>POSIBLES SOLUCIONES</b>	<b>86</b>
CONSUMO ELÉCTRICO POR LUMINARIAS	86
CONSUMO DE AGUA POR ORINALES CONVENCIONALES	90
<b>ANÁLISIS FINANCIERO DE POSIBLES SOLUCIONES</b>	<b>91</b>
LUMINARIAS LED	91
SENSORES DUAL	93
ORINALES SECOS	94
<b>PLAN DE ACCIÓN EN LA ESCUELA DE SAN IGNACIO DE LOYOLA</b>	<b>95</b>

**CAPÍTULO 3. ESCUELA DOMINGO FAUSTINO SARMIENTO** **97**

---

<b>ESTADO GENERAL</b>	<b>97</b>
<b>DATOS DE CONSUMO ENERGÉTICO POR ILUMINACIÓN</b>	<b>104</b>
<b>DATOS DE CALIDAD EN LA ILUMINACIÓN</b>	<b>106</b>
<b>METAS ENERGÉTICAS PARA LA INSTITUCIÓN</b>	<b>108</b>
<b>POSIBLES SOLUCIONES</b>	<b>110</b>
CONSUMO ELÉCTRICO DE LUMINARIAS Y LUCES HID	110
CONSUMO DE AGUA EN BAÑOS DE HOMBRES Y LLAVES EN BATERÍAS DE LAVADO DE MANOS	112

<b>ANÁLISIS FINANCIERO DE POSIBLES SOLUCIONES</b>	<b>112</b>
LUMINARIAS LED, Y LED'S DE ALTA POTENCIA	112
SENSORES DUAL	113
ORINALES SECOS	114
LLAVES <i>PUSH</i>	115
<b>PLAN DE ACCIÓN EN LA ESCUELA DE DOMINGO FAUSTINO SARMIENTO</b>	<b>116</b>
<b><u>CAPÍTULO 4. IMPACTO DE LA PANDEMIA DEL COVID-19</u></b>	<b>119</b>
<b><u>CAPÍTULO 5. IMPACTO AL MEDIO AMBIENTE DEL PROYECTO</u></b>	<b>122</b>
<b><u>CONCLUSIONES</u></b>	<b>127</b>
<b><u>RECOMENDACIONES</u></b>	<b>129</b>
<b><u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u></b>	<b>130</b>
<b><u>ANEXOS</u></b>	<b>133</b>
<b><u>APÉNDICES</u></b>	<b>139</b>

## **Índice de gráficas**

Gráfica 1. Aumento del consumo energético por año en escuelas de Corea del Sur ...	15
Gráfica 2. Costo energético típico en una escuela en UK .....	18
Gráfica 3. Consumo energético promedio en una escuela K-12. ....	19
Gráfica 4. Comparación de eficacia para diferentes tipos de lámpara.....	37

## **Índice de figuras**

Figura 1. Triángulo del problema .....	22
Figura 2. Temperaturas de iluminación .....	36
Figura 3. Pliego Tarifario para el consumo de agua. ....	41
Figura 4. Diagrama de Gantt para el proyecto de graduación .....	45
Figura 5. Configuración de aula regular de la escuela la Pitahaya .....	47
Figura 6. Laboratorio de cómputo de la escuela la Pitahaya .....	47
Figura 7. Aire acondicionado, laboratorio de cómputo, escuela La Pitahaya.....	47

Figura 8. Modelo aire acondicionado, laboratorio de cómputo de la escuela La Pitahaya .....	48
Figura 9. Iluminación del comedor de la escuela La Pitahaya .....	48
Figura 10. Equipos del comedor, escuela la Pitahaya.....	49
Figura 11. Batería de lavado de manos del comedor, escuela la Pitahaya .....	49
Figura 12. Tanque de gas de la escuela la Pitahaya.....	49
Figura 13. Distribución de luminarias fluorescentes en un aula normal en la escuela de Pitahaya (DIALux).....	55
Figura 14. Distribución de luxes con luminaria fluorescente en un aula normal en la escuela de Pitahaya (DIALux).....	55
Figura 15. Distribución de luminarias LED en un aula normal en la escuela de Pitahaya (DIALux) .....	61
Figura 16. Distribución de luxes con luminaria LED en un aula normal en la escuela de Pitahaya (DIALux).....	61
Figura 17. Aula regular de la escuela de Loyola .....	73
Figura 18. Laboratorio de cómputo de la escuela de Loyola .....	74
Figura 19. Laboratorio de robótica, escuela de Loyola.....	74
Figura 20. Aire Acondicionado del laboratorio de cómputo, escuela de Loyola .....	75
Figura 21. Aire Acondicionado del laboratorio de robótica, escuela de Loyola .....	75
Figura 22. Datos sistema de aire acondicionado, laboratorio de robótica, escuela de Loyola.....	76
Figura 23. Área de comedor de la escuela de Loyola .....	77
Figura 24. Área de comedor de la escuela de Loyola .....	77
Figura 25. Servicio sanitario de los baños de la escuela de Loyola.....	78
Figura 26. Urinales de los baños de la escuela de Loyola .....	78
Figura 27. Lavatorio de maños de la escuela de Loyola .....	79
Figura 28. Aire acondicionado del PIAD en escuela de Loyola .....	79
Figura 29. Oficina de la dirección de la escuela de Loyola.....	80
Figura 30. Distribución de luminarias fluorescentes en un aula normal en la escuela de Loyola (DIALux) .....	84
Figura 31. Distribución de luxes con luminarias fluorescentes en un aula normal en la escuela de Loyola (DIALux) .....	85
Figura 32. Distribución de luminarias LED en un aula normal en la escuela de Loyola (DIALux) .....	88
Figura 33. Distribución de luxes con luminarias LED en un aula normal en la escuela de Loyola (DIALux) .....	89
Figura 34. Aula regular de la escuela Domingo Faustino .....	98
Figura 35. Baño de la escuela Domingo Faustino .....	99
Figura 36. Baño del gimnasio de la escuela Domingo Faustino .....	99
Figura 37. Tanque de gas de la escuela Domingo Faustino.....	100
Figura 38. Aire acondicionado del laboratorio de cómputo de la escuela Domingo Faustino.....	100
Figura 39. Datos de placa del aire acondicionado del laboratorio de cómputo .....	101

Figura 40. Batería para lavado de manos #1 en escuela Domingo Faustino.....	101
Figura 41. Batería para lavado de manos #2 en escuela Domingo Faustino.....	102
Figura 42. Luces HID del gimnasio de la escuela Domingo Faustino.....	102
Figura 43. Distribución de luminarias en un aula normal en la escuela Domingo Faustino (DIALux) .....	107
Figura 44. Distribución de luxes en un aula normal en la escuela de Domingo Faustino (DIALux) .....	108
Figura 45. Lineamientos generales para ingreso y permanencia en centros educativos. ....	120
Figura 46. Lineamientos generales para servicios presenciales en centros educativos ante el COVID-19 .....	120
Figura 47. Ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar .....	121
Figura 48. Logo de bandera azul ecológica para centros educativos .....	124

## Índice de tablas

Tabla 1. Puntos de referencia actuales según organización en New York .....	16
Tabla 2. Puntos de referencia de 1999-2000 para 2000 escuelas .....	30
Tabla 3. Puntos de referencia para el consumo de agua .....	31
Tabla 4. Estadística descriptiva para variables de la ecuación.....	33
Tabla 5. Factores de peso para categorización de la iluminación .....	33
Tabla 6. Valores de iluminación, según el tipo de tarea visual .....	34
Tabla 7. Valores de iluminación mínimos para una escuela.....	35
Tabla 8. Comparación de datos de diferentes tipos de luminaria .....	37
Tabla 9. Datos de descarga de agua en servicios sanitarios y orinales .....	40
Tabla 10. Metodología para el proyecto de graduación.....	42
Tabla 11. Tabla de fechas de actividades de la práctica profesional .....	44
Tabla 12. Lista de equipos en la escuela la Pitahaya.....	50
Tabla 13. Valores de potencia por recinto en la escuela la Pitahaya.....	52
Tabla 14. Valores de luminarias para la escuela la Pitahaya .....	52
Tabla 15. Resultados de simulación de DIALux para un aula normal en la escuela IA Pitahaya.....	53
Tabla 16. Información de luminaria fluorescente para un aula normal en la escuela de Pitahaya. (DIALux).....	54
Tabla 17. Resultados de simulación de DIALux para un aula normal con luminarias LED en la escuela de Pitahaya. (DIALux) .....	59
Tabla 18. Información de luminaria LED para un aula normal en la escuela de Pitahaya (DIALux) .....	60
Tabla 19. Valores nuevos de Potencia en la escuela de La Pitahaya .....	62
Tabla 20. Análisis de ROI en cambio a luminarias LED en la escuela de Pitahaya .....	66
Tabla 21. Análisis de ROI en sensores dual en la escuela de Pitahaya .....	67
Tabla 22. Análisis de ROI en cambio a orinales secos en la escuela de Pitahaya .....	69
Tabla 23. Lista de equipos en la escuela Loyola.....	80

Tabla 24. Valores de potencia por recinto en la escuela de Loyola.....	82
Tabla 25. Valores de luminarias para la escuela de Loyola .....	83
Tabla 26. Resultados de simulación de luminarias fluorescentes para un aula normal en la escuela de Loyola (DIALux) .....	83
Tabla 27. Información de luminaria fluorescente para un aula normal en la escuela de Loyola (DIALux) .....	84
Tabla 28. Resultados de simulación de luminarias LED para un aula normal en la escuela de Loyola (DIALux) .....	87
Tabla 29. Información de luminaria LED para un aula normal en la escuela de Loyola (DIALux) .....	88
Tabla 30. Valores nuevos de potencia en la escuela de Loyola .....	89
Tabla 31. Análisis de ROI en cambio a luminarias LED en la escuela de Loyola .....	91
Tabla 32. Análisis de ROI en instalación de sensores dual en la escuela de Loyola ....	93
Tabla 33. Análisis de ROI en cambio a orinales secos en la escuela de Loyola.....	94
Tabla 34. Lista de equipos en la escuela Domingo Faustino.....	103
Tabla 35. Valores de potencia mensual por recinto en la escuela Domingo Faustino	104
Tabla 36. Valores de luminarias para la escuela Domingo Faustino .....	105
Tabla 37. Resultados de simulación de DIALux para un aula normal en la escuela Domingo Faustino (DIALux) .....	106
Tabla 38. Información de luminaria para un aula normal en la escuela Domingo Faustino (DIALux) .....	107
Tabla 39. Valores nuevos de potencia mensual por recinto en la escuela Domingo Faustino .....	111
Tabla 40. Análisis de ROI para cambio de luces HID a LED de alta potencia en la escuela Domingo Faustino.....	112
Tabla 41. Análisis de ROI para instalación de sensores dual en la escuela Domingo Faustino .....	113
Tabla 42. Análisis de ROI para instalación de orinales secos en la escuela Domingo Faustino .....	114
Tabla 43. Análisis de ROI para cambio a llaves push en la escuela Domingo Faustino .....	115
Tabla 44. Tabla de conversión de electricidad a emisiones de Dióxido de Carbono. .	122
Tabla 45. Parámetros para aplicar por la bandera azul ecológica en un centro educativo .....	125

## Índice de fórmulas

Fórmula 1. Cálculo de kWh para un tubo fluorescente .....	39
Fórmula 2. Cálculo de kWh para un tubo LED .....	40
Fórmula 3. Fórmula para el cálculo del ROI .....	40

## Anexos

Anexo 1. Tabla completa de potencia mensual actual en la escuela de Pitahaya. ....	133
Anexo 2. Tabla completa de potencia mensual nueva en la escuela de Pitahaya .....	134
Anexo 3. Tabla completa de potencia mensual actual en la escuela de Loyola .....	135
Anexo 4. Tabla completa de potencia mensual nueva en la escuela de Loyola .....	136
Anexo 5. Tabla completa de potencia mensual actual en la escuela Domingo Faustino .....	137
Anexo 6. Tabla completa de potencia mensual nueva en la escuela Domingo Faustino .....	138

## Apéndices

Apéndice 1. Ficha técnica, sensor dual Eagle MDC-50L.....	139
Apéndice 2. Ficha técnica de LED alta potencia OSRAM .....	140
Apéndice 3. Ficha técnica de luminaria LED 503 Sylvania.....	141
Apéndice 4. Cotización de orinales secos seleccionados Helvex.....	142
Apéndice 5. Ficha técnica de llaves push Alfa de Docol .....	143
Apéndice 6. Cotización de sensores dual MDC-50L de EAGLE.....	144
Apéndice 7. Cotización llaves push Alfa de Docol.....	145
Apéndice 8. Cotización luces LED de alta potencia OSRAM .....	146
Apéndice 9. Ficha técnica de orinal seco Mojave TDS2 de Helvex .....	147

## Datos personales

Nombre: Fabián Alonso Monge Navarro

Cédula: 3 0468 0172

Carné: 201136728

Edad: 27 años

Correo electrónico: fmn280193@gmail.com

Dirección: Residencial Las Catalinas, casa 8H, Tejar de El Guarco, Cartago

## Datos de la empresa

Nombre: Dirección Regional, circuito 02, escuelas Domingo Faustino Sarmiento, San Ignacio de Loyola y La Pitahaya

Actividad principal: Centros educativos públicos

Dirección: 200 metros al sur de la iglesia María Auxiliadora, Cartago.

Contacto: Víctor Hugo Orozco Delgado, Director Regional Cartago

Teléfono: 2591-27-60

## Carta Aceptación de la Empresa



“Educar para una nueva ciudadanía”



Cartago, 25 de octubre de 2019  
DGDR-DREC-0464-2019

Ing. Greivin Barahona Guzmán, M Eng.  
Coordinador de Práctica  
Especialidad de la Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Industrial  
Instituto Tecnológico de Costa Rica

Estimado señor:

Reciba un cordial saludo, a la vez que le informo de la aceptación del estudiante Fabián Monge Navarro, cédula 3-468-172, carné 201136728 para realizar la práctica profesional en las instalaciones de las Escuelas: Domingo Faustino, Pitahaya y Loyola, del Circuito 02 de la Dirección Regional de Educación Cartago.

Dicha aceptación se otorga como parte del proyecto relacionado con el estudio de consumo energético en escuelas públicas; el cual es relevante por cuanto promueve e inculca la cultura del ahorro energético en las futuras generaciones.

Atentamente:



Victor Hugo Orozco Belgado  
Director Regional de Educación Cartago, Costa Rica

Dirección Regional de Educación de Cartago, 200 metros al sur de la Iglesia María Auxiliadora, Cartago, Teléfono: 2591-2760, Fax: 2591-2762, correo electrónico: DRE.Cartago@mep.go.cr

## Dedicatoria

Le dedico este trabajo a mi familia, que siempre ha estado para mí en los momentos buenos y en los no tan buenos.

A mis amigos, que son la familia que uno elige, porque sé que en ellos tengo personas con las que puedo contar para lo que sea, y que tendrán mis mejores intereses en mente.

Al TEC y sus profesionales, que me han guiado estos años en la carrera y de quienes adquirí innumerables aprendizajes que me ayudarán a ser un profesional ejemplar.

Y, en especial, a mis padres, que han sacrificado mucho para darme una educación de calidad desde que era un niño, y por eso deseo que este trabajo refleje lo que ellos han invertido en mí.

## Agradecimiento

A mi familia, por apoyarme en todo.

A mis amigos, por ser parte de mi vida.

A mis profesores, por darme una educación excelente.

A mi guía en la práctica, don Manuel Centeno, por ser de gran ayuda en el proyecto.

Y al TEC, por sacar al ingeniero que sé que puedo ser.

## Resumen

Este proyecto se ocupa del diseño de un sistema de gestión de energía, basado en la norma ISO 50001, para tres escuelas públicas en la provincia de Cartago. Los centros educativos son la escuela de La Pitahaya, la escuela de San Ignacio de Loyola y la escuela Domingo Faustino Sarmiento en Dulce Nombre de Cartago. Para llevar a cabo el sistema de gestión, primero, se realizaron varias visitas a las instituciones para revisar su estado, observar el equipo que consume más energía y detallar cómo funciona, y lograr determinar, mediante cálculos, la energía que consumen y cuánto le cuesta económicamente a cada institución. Posteriormente, se buscaron nuevas opciones para mejorar los equipos que estén generando un costo más alto de lo necesario, considerando que estas nuevas opciones sean rentables para las escuelas, además de que mantengan la calidad del servicio que brindan. Todas las decisiones tomadas forman el sistema de gestión de energía de cada escuela, el cual busca una disminución de consumo en agua y electricidad, que provoque un ahorro en facturas de servicios públicos y una protección al medio ambiente.

Palabras clave: escuelas, energía, medio ambiente, ahorro, consumo.

## Abstract

This project deals with the design of an energy management system, based on the ISO 50001 standard, for three public schools in the province of Cartago. The schools are La Pitahaya school, the San Ignacio de Loyola school and the Domingo Faustino Sarmiento school in Dulce Nombre. To carry out the management system, first several visits will be made to the institutions to review their condition, observe the equipment that consumes the most energy and detail how they work, the energy they consume and how much it costs economically for each institution, this will be obtained by calculations. Subsequently, new options will be sought to improve equipment that is generating a higher cost than necessary, and if these new options are profitable for schools, in addition to maintaining the quality of the service they provide. All the decisions made will form the energy management system of each school, which seeks a decrease in consumption in water and electricity, causing savings in utility bills and protection of the environment.

Keywords: schools, energy, environment, savings, consumption.

## Introducción

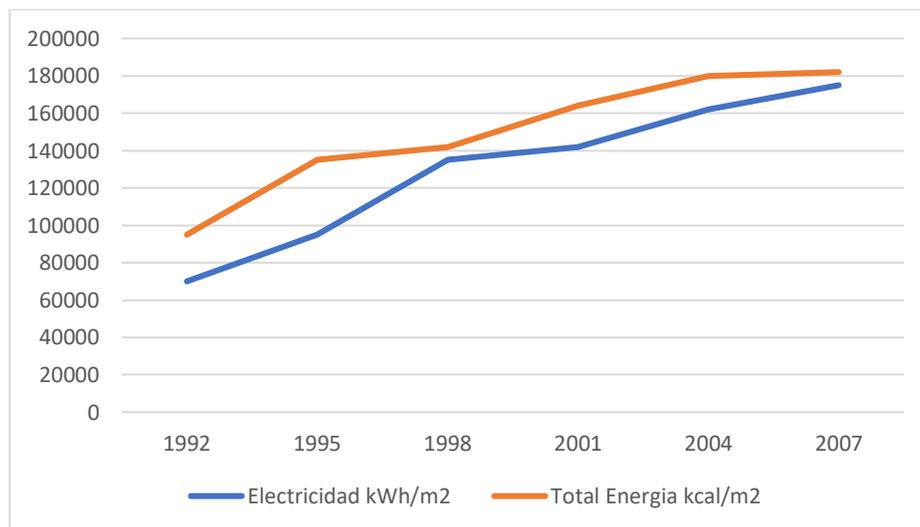
El tema elegido en este trabajo es el de ahorro energético, específicamente aplicado a edificios públicos, dentro de los que se encuentran las escuelas del país. La motivación principal de este proyecto se debe a que en las escuelas públicas costarricenses no existe una cultura con respecto al ahorro energético, no se toman decisiones con criterio ingenieril, y estas son imposibles de tomar sin conocer el consumo energético real que se genera tanto en electricidad como agua. Por esta razón, en este proyecto pretende obtener ese consumo real, determinar el estado de estas escuelas, contrastar el estado con normas internacionales y establecer posibles medidas para corregir cualquier error que se encuentre durante este proceso.

Para esto se tomarán en cuenta diversas normas internacionales ya establecidas para escuelas, y se buscará crear parámetros para las escuelas públicas de Costa Rica. De esa forma, si se quisiera expandir el proyecto a más instituciones, sería posible usar lo recopilado en esta investigación como piedra angular y realizar más proyectos relacionados con el tema de ahorro energético. Esto se realizará en tres escuelas públicas del circuito 02 de la provincia de Cartago: la escuela Domingo Faustino en Dulce Nombre de Cartago, la escuela San Ignacio de Loyola y la escuela de Pitahaya. Se realiza únicamente en estas tres escuelas, ya que una investigación en más instituciones no sería viable con el tiempo que se tiene para la práctica profesional, además de la falta de recurso humano y económico.

## Antecedentes

### Antecedentes teóricos

Según el informe científico llamado “Características del consumo de Energía de escuelas primarias en Corea del Sur” dado el incremento en la calidad de la educación primaria, el auge de la tecnología y el crecimiento de tamaño de las instalaciones, desde el nuevo milenio, el consumo energético ha ido incrementándose un 60% de 1992 a 2007 (ver gráfico 1); principalmente, en el consumo de energía eléctrica, de gas y agua. Por iniciativa del gobierno coreano, se realizan estudios en escuelas para conocer detalladamente cómo se consume la energía y, de esta forma, optimizar dicho gasto. El estudio realizado en este informe se llevó a cabo de 2006 a 2010, y presenta datos específicos de ahorro de energía en las escuelas de Corea del Sur (Tae-Woo, Kang-Guk y Won-Hwa, 2012).



Gráfica 1. Aumento del consumo energético por año en escuelas de Corea del Sur

Fuente: Tae-Woo, Kang-Guk y Won-Hwa (2012)

En Estados Unidos, específicamente en los estados de New York y Texas, se han realizado estudios similares al de Corea del Sur. En el estado de New York, y New Jersey se realizó el estudio en escuelas denominadas K-12, que abarcan aquellas que imparten los niveles desde kínder hasta el 12 grado. Esta investigación incluye datos de más de 1650 escuelas, y fue realizado por diversas organizaciones como NYSERDA, NJ Board of Public Utilities, entre otras. El objetivo fue crear puntos de referencia, los cuales se pueden reportar a las escuelas de donde se obtuvieron los datos, para, de esa forma, observar y comparar las tendencias de consumo, y extender recomendaciones para mejoras que ayuden a reducir costos en estos edificios (Vadney, Fox, Mosser, Fraser y Bernstein, 2012)

*Tabla 1. Puntos de referencia actuales según organización en New York*

Organización	Duración del programa	Número de distritos	Número de escuelas	m2	Número de estudiantes	Presupuesto total anual de energía
<b>NYSERDA</b>	2003- presente	239	1,038	94,061,000	495,498	\$138,286,884
<b>Junta de utilidades pública de New Jersey</b>	2008- presente	35	179	16,853,000	108,227	\$32,504,989
<b>Utilidades eléctricas PPL</b>	2009-2011	65	292	27,376,000	160,826	\$38,959,410
<b>Comisión de utilidades públicas de New Hampshire</b>	2010-2011	50	201	13,332,000	78,769	\$19,207,462
<b>Totales:</b>		389	1,710	151,622,000	843,320	\$228,958,745

*Fuente: Vadney, Fox, Mosser, Fraser y Bernstein (2012)*

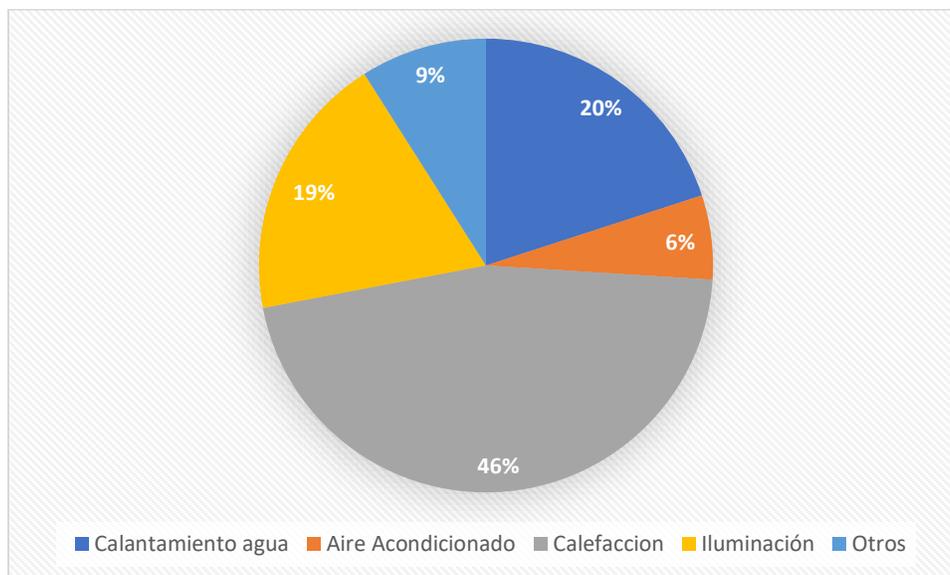
La investigación realizada en el estado de Texas fue muy similar al realizado en las escuelas de Nueva York, en donde también se analizaron las escuelas K-12. Se consideraron alrededor de 1775 escuelas, de las cuales se recolectaron los datos y se crearon puntos de referencia para la toma de decisiones, en un espacio de dos años. Lo que destaca a esta investigación, es que busca patrones en el consumo energético en las escuelas y los contrastar con las creencias que tengan los administradores de dichas escuelas sobre el uso de energía (Stimmel y Gohs, 2008).

No solamente en Texas se tomó este enfoque de evaluar tendencias, también se realizó una investigación bajo este pensamiento en el Reino Unido, en la cual se visitaron 15 escuelas, para recolectar datos en un número de factores relacionados con el uso de energía en estos edificios y determinar la probable variabilidad de estos factores. Además, esta investigación se enfocó en cómo el rendimiento de estos edificios se diferencia de los supuestos de su diseño. Todo con el objetivo de identificar estas variaciones, que pueden afectar el consumo de energía (Demanuele, Tweddell y Davies, 2010).

También es importante mencionar el Plan Nacional de Desarrollo de Costa Rica del bicentenario, el cual tiene como objetivo la descarbonización de la matriz energética. Incluso, el país se ha propuesto ser la primera economía descarbonizada del mundo para el año 2050; y el Plan Nacional de Energía de Costa Rica busca implementar un modelo más efectivo de planificación y coordinación para la eficiencia energética en Costa Rica (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica, 2019).

## Antecedentes prácticos

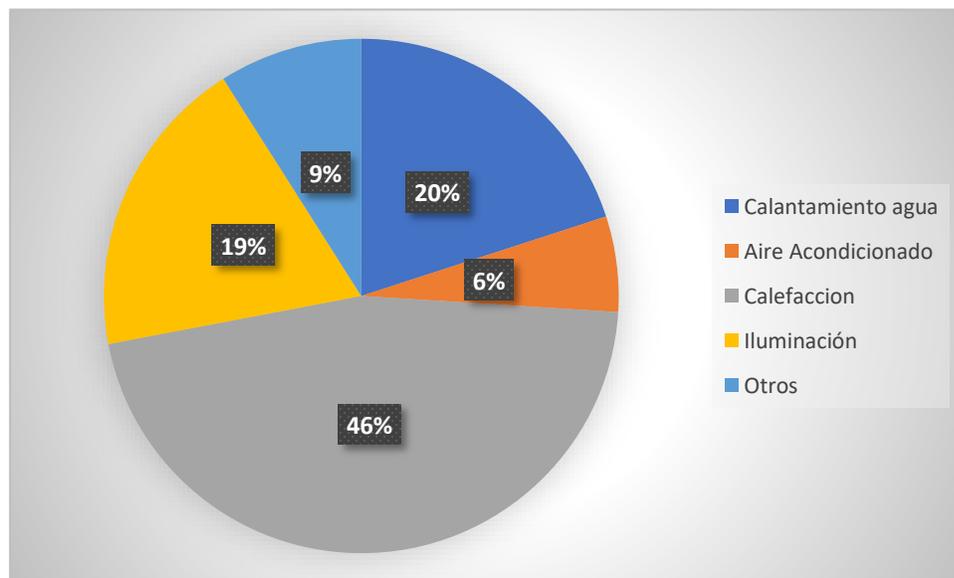
Se presentarán dos guías internacionales, una de Estados Unidos y la otra del Reino Unido, las cuales brindan puntos de referencia, que pueden ser aplicados a escuelas para determinar el rendimiento de su consumo energético, ya sea en combustible fósil para calefacción o transporte, consumo de agua y electricidad y hasta su huella de carbono. La primera guía se llama GPG343 o Guía de buena práctica 343 (Good Practice Guide 343, en inglés), “Saving Energy-A Whole School Approach”, y fue realizada en el Reino Unido por la entidad gubernamental Carbon Trust. Esta guía ayuda a las escuelas que la apliquen a ahorrar dinero, economizar energía y reducir el impacto ambiental (Carbon Trust). La guía cuenta con puntos de referencia energéticos, asignación de roles y responsabilidades, matriz energética.



Gráfica 2. Costo energético típico en una escuela en UK

Fuente: Elaboración Propia con base en Carbon Trust (s.f.)

La otra guía es de Estados Unidos, realizada por la empresa Xcel Energy y se llama “Managing energy costs in schools”; en español, “Manejo de costos energéticos en escuelas”. En esta se indica cómo manejar el costo energético en escuelas, soluciones rápidas, soluciones a largo plazo, cómo obtener una certificación de ENERGY STAR, entre otras. Esta guía se enfoca más a soluciones más sencillas de realizar a nivel general, y a diferencia de la guía GPG343, no cuenta con tantos puntos de referencia, pero igual sigue siendo relevante, pues muchos de los antecedentes teóricos hechos en Estados Unidos están enfocados a escuelas K-12, como este.



Gráfica 3. Consumo energético promedio en una escuela K-12.

Fuente: Elaboración Propia con base en Xcel Energy (2007)

## Antecedentes de la empresa

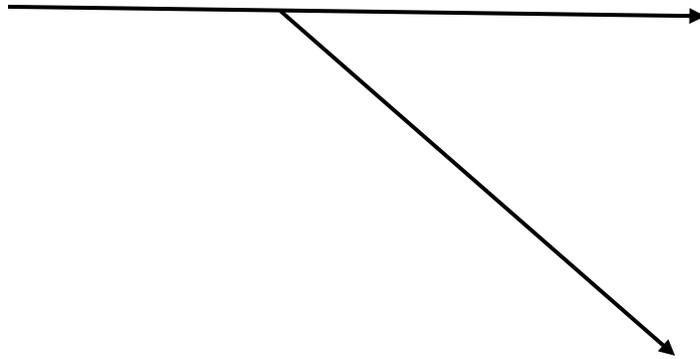
La población del proyecto son tres escuelas del circuito 02 de Cartago; estas son la escuela Domingo Faustino Sarmiento, la escuela de Pitahaya y la escuela de San Ignacio de Loyola. La primera, escuela Domingo Faustino Sarmiento, se encuentra en Dulce Nombre de Cartago, fue fundada en 1886 y nombrada en honor al expresidente argentino. La escuela cuenta con aproximadamente 529 estudiantes y sus instalaciones abarcan alrededor de 4157.22 m<sup>2</sup>. La siguiente escuela es la de Pitahaya, que como su nombre indica está en la Pitahaya en la provincia de Cartago, cuenta con 461 estudiantes y un área de 4857 m<sup>2</sup>. La última es la escuela San Ignacio de Loyola y se encuentra en Loyola, Cartago. Cuenta con 596 estudiantes y a cubre un área de 8042 m<sup>2</sup>. Estos datos fueron adquiridos de la Dirección Regional de Cartago, que pertenece al Ministerio de Educación Pública (MEP).

Como se mencionó, estas escuelas son parte del circuito 02, de la Dirección Regional de Cartago. Esta organización en direcciones regionales y circuitos se debe al decreto ejecutivo N.º 35513, el cual “establece la Organización Administrativa de las Direcciones Regionales de Educación (DRE) del Ministerio de Educación Pública (MEP) y sus relaciones estructurales con el nivel central y las comunidades educativas, con el propósito de organizar la prestación de los servicios de educación, así como velar por el cumplimiento de la política educativa en todos los ciclos, niveles y modalidades” (MEP, 2019).

## Planteamiento del problema

En las escuelas públicas nacionales, incluidas las escuelas del circuito 02 de Cartago como la escuela Domingo Faustino en Dulce Nombre, la escuela de Pitahaya y la de Loyola no se miden indicadores energéticos de ninguna índole, práctica que, en países más desarrollados como Corea del Sur, Estados Unidos, Reino Unido, entre otros, sí se realiza. Tanto es así que, en dichos países, existen puntos de referencia para estos indicadores, según las normas como las establecidas por la entidades Xcel Energy en Estados Unidos, y la empresa Carbon Trust en el Reino Unido. Estos puntos de referencia son los necesarios para poder tomar decisiones bajo criterio ingenieril sobre el consumo energético, y de esa forma alcanzar posibles mejoras.

Al carecer de estos indicadores, no se tienen puntos de referencia y sin estos es imposible siquiera pensar en tomar decisiones sobre el consumo energético que existe en estos centros educativos. Financieramente, sin los indicadores tampoco será posible la toma de decisiones fundamentadas, lo cual significa que algún cambio a la política de consumo energético que se haga en la escuela no estará respaldado por datos, lo cual no asegurarán que las decisiones que se tomen no se verán reflejadas en un ahorro de capital.



**Debería:** Haber un gasto de 22 kWh por m<sup>2</sup>, y 2.63 m<sup>3</sup> de agua por estudiante en escuelas públicas del Reino Unido. (Carbon Trust)

**Desviación:** Sin el perfil de consumo energético, no se conoce la cantidad de kWh por m<sup>2</sup>, lo cual imposibilita la toma de decisiones a nivel de ahorro energético según el Plan Nacional de Desarrollo ni el Plan Nacional de Energía.

**Realidad:** No existe un perfil de consumo energético en ninguna escuela pública de Costa Rica

Figura 1. Triángulo del problema

Fuente: Elaboración propia

## Objetivo general

Diseñar un modelo de gestión de energía que determine el perfil energético de una escuela pública en Costa Rica, a través de la norma ISO 50001; encargada de Sistemas de Gestión de Energía.

## Objetivos específicos

1. Identificar los equipos consumidores de energía presentes, que identifique las condiciones de operación, vida útil y el impacto ambiental de estos, en las escuelas públicas seleccionadas.
2. Identificar mediante una revisión energética los usos y consumos de energía, las variables que afecten dicho consumo y los elementos que deben de ser desarrollados en el modelo de gestión de la energía.

3. Definir objetivos y metas energéticas realistas para dichas instituciones, que permitan la optimización del consumo energético.
  
4. Desarrollar un plan de acción para una adecuada gestión de energía, que incluya la participación de la administración, juntas de educación y patronatos escolares, que establezca parámetros para el manejo ideal de dichos equipos, su uso y mantenimiento y eventual disposición si fuese necesario.
  
5. Comparar el impacto económico, energético y ambiental de dicha política contra el uso actual de los equipos, obteniendo oportunidades de mejora que las escuelas puedan implementar en un futuro si así lo desean.

### **Preguntas de investigación**

¿Existe un perfil de consumo energético en alguna de las escuelas en las que se realizara el proyecto?

¿Se sabe cómo es la malla energética en estas escuelas, y si existe, cuál factor es el predominante?

¿Cuáles actividades en las escuelas generan más consumo de energía?

¿Hay conocimiento de ahorro energético en los funcionarios administrativos y profesores de las escuelas? ¿Se menciona el tema y su importancia a los estudiantes?

¿Se menciona a los estudiantes los efectos del cambio climático?, ¿saben de su importancia sobre su futuro?

## Justificación

En Europa, los edificios consumen el 40% de energía en la Unión Europea, lo cual provoca que una certificación energética en edificios sea una de las medidas claves propuesta por las políticas europeas y, por supuesto, las escuelas entran dentro de este parámetro de edificios (Dias Pereira, Bernardo y Gameiro da Silva, 2013).

También, estas investigaciones desarrollan métodos que motivan y empoderan a los administradores de estas escuelas a reducir el uso de energía (Stimmel y Gohs, 2008). Otro factor por destacar es que los problemas operativos y el comportamiento de los ocupantes en las escuelas tienen una influencia muy destacada en el rendimiento energético y, por lo tanto, juegan un papel importante en la discrepancia entre estimaciones de diseño y uso real de energía. Por lo tanto, un uso efectivo acompañado de educación son esenciales para optimizar el rendimiento energético (Demanuele, Tweddell y Davies, 2010).

En otros países como Corea del Sur, estudios de consumo energético y mantenimiento en escuelas son relevantes ya que así se conoce el costo mensual promedio en estos edificios y, de esa manera, se presentan los valores específicos para los objetivos de ahorro de energía de las escuelas en Corea del Sur (Tae-Woo, Kang-Guk y Won-Hwa, 2012).

Como se mencionó anteriormente, en Costa Rica no existen estudios de esta índole a nivel de escuelas públicas. Si estos se realizaran, ayudarían a lograr una evaluación comparativa funcional basada en las condiciones reales de operación de los edificios de escuelas. Además, una investigación así es clave para determinar la información suficiente y que pueda ser usada como referencia para obtener más detalles sobre la evaluación comparativa de la energía consumo en escuelas (Dias Pereira, Raimondo, Corgnati y Gameiro da Silva, 2014). Como consecuencia, una correcta gestión energética en una escuela puede ayudar a ahorrar y energía, y reducir el impacto ambiental, demostrado con el ahorro de aproximadamente £60 millones y la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> por 300 000 toneladas (Carbon Trust).

Al no haber indicadores en las escuelas en las cuales se realizará el proyecto, el hecho de obtenerlos creará un precedente, el cual ayudará a estas escuelas, y a otras más, a adquirir un conocimiento sobre su consumo energético más detallado, que solo contar con los recibos de lo que se consume. Consiguiendo esto, existiría la posibilidad de plantear mejoras con criterio ingenieril del consumo energético. Socialmente esto es importante, ya que las escuelas son un recinto educativo con una responsabilidad social, ya sea con los funcionarios y más importante con los alumnos, lo cual hace del rendimiento energético de estas un tema a tratar (Dias Pereira, Raimondo, Corgnati y Gameiro da Silva, 2014).

Se escogió medir los indicadores en kWh/m<sup>2</sup>, ya que esta es la más utilizada en las investigaciones recopiladas; otras medidas que existen sobre este tema serían \$/estudiante o kWh/estudiante, también válidas. Cabe destacar que el área que se

tomara en cuenta es el área construida y no el área total de la escuela, esto ya que es el área ideal para la medida (Dias Pereira, Raimondo, Corgnati y Gameiro da Silva, 2014).

El proyecto se respalda con el Plan Nacional de Desarrollo y de Inversión Pública del Bicentenario (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica, 2019), el cual, en su apartado de Educación y Cultura, en el punto 5.1 exige: “Atender las necesidades de infraestructura, nueva, ampliaciones y mantenimiento de los centros educativos públicos”. Las escuelas públicas entran dentro de este apartado, por lo que un estudio de consumo energético sería de gran ayuda como lo fue en las escuelas de Corea del Sur (Tae-Woo, Kang-Guk y Won-Hwa, 2012), para conocer cómo se encuentra en materia de consumo energético, y ya conociendo su comportamiento, la posible toma de decisiones referentes a este tema.

## Viabilidad

La viabilidad del proyecto se determina, teniendo en cuenta la disponibilidad de recursos que sean de gran importancia para su realización exitosa, estos recursos son:

- Recursos tecnológicos: se incluyen programas tecnológicos como Excel para realizar tablas y gráficas, y Word para la realización del informe escrito.
- Recursos humanos: se cuenta con el apoyo de los profesores de la escuela de Electromecánica del Tecnológico de Costa Rica que atienden consultas, además del profesor guía de la práctica.

## Alcance

El alcance de este proyecto es exploratorio, esto se debe a que se abarca un tema de investigación que no se ha abordado con anterioridad. Este proyecto servirá para obtener información más completa respecto a este contexto particular y, lo más importante, establecerá prioridades para futuras investigaciones.

En el caso de las instalaciones donde se realizará el proyecto será en las tres escuelas mencionadas anteriormente: la Domingo Faustino, Loyola y Pitahaya. En estas se encuentran los salones de clase, la acometida eléctrica de la escuela, el laboratorio de cómputo y oficinas. Como sistemas serían todas las instalaciones eléctricas en la escuela, así como los equipos de cocina y aire acondicionado y servidores si existiesen. Como procesos se encuentran las lecciones y comidas de los funcionarios y el estudiantado. Por equipos están las computadoras, los televisores (en los casos que se encuentren), aire acondicionado, cocinas de gas, entre otras.

## Limitaciones

Como se mencionó anteriormente, el estudio se centrará en tres escuelas públicas, no será posible realizar la investigación en una cantidad mayor de escuelas por la limitante de que solo habrá una persona encargada del proyecto y de las mediciones necesarias aunado a la cuestión del tiempo, pues solo se tienen 12 semanas para realizar la investigación. Otra de las limitaciones es que se van a abarcar temas ingenieriles relacionados con el tema de ahorro energético a profesionales que tal vez no están

familiarizados con el tema, como los funcionarios administrativos escolares, así como el personal docente y con los estudiantes que apenas empiezan con su desarrollo académico, lo cual será un obstáculo a la hora de efectuar cualquier medida dentro de la escuela. Otro factor importante es que, durante la realización de este proyecto, se presentó la situación mundial de la pandemia del COVID-19, la cual afectó las visitas a las escuelas, además de otros aspectos donde la cuarentena que se tuvo que hacer para mantener la salud propia y familiar haya afectado.

## **Marco teórico**

Este proyecto representa una innovación o desarrollo de tecnología, pues parece haber una falta de conocimiento. Esto no indica una adversidad, más bien, provee al proyecto una gran capacidad de impacto, y para lograrlo se deben usar estudios o índices financieros (Fernandez, 2007) y estudios del ciclo de vida útil de equipos (Romero, 2003). Dentro del proyecto también se incluye una gestión de mantenimiento de los equipos en las escuelas. Una gestión de mantenimiento incluye la realización de las labores de mantenimiento, las cuales buscan maximizar la operación de los equipos. La gestión desarrolla una serie de tareas y actividades enfocada a la reducción de los paros en equipos, prolongar la vida útil de estos y aumentar la disponibilidad y la confiabilidad. La implementación de estas actividades no asegura el éxito de la gestión, también es necesaria una consideración de aspectos técnicos e ingenieriles para la correcta realización de lo planeado en la gestión (Garrido, 2003).

La norma GPG343 del Reino Unido es una de las normas internacionales que se usa como base para esta investigación, esta fue creada por la entidad gubernamental Carbon

Trust. Carbon Trust tiene una política clave para crear innovación, esta hacer la transición hacia economías de bajo consumo de carbono en el Reino Unido. Carbon Trust ayuda a compañías y organizaciones del sector público a reducir sus emisiones de carbono, desarrolla nuevas tecnologías de bajo consumo de carbono (Kern, 2012). La norma se basa en los siguientes puntos:

1. Comprar la energía más barata posible.
2. Minimizar el consumo, mientras se asegure que los estándares de confort y de servicios mantengan o mejoren.

También cita los siguientes compromisos por parte de la escuela:

1. Hay que reconocer que todos en la institución tienen una misma contribución que aportar.
2. Empoderar a los estudiantes a ser proactivo en la promoción y guía del uso correcto de la energía y no simplemente implementar las decisiones de otros.
3. Empoderar a los padres, funcionarios de la escuela y miembros de la junta mediante la asignación de roles y de actividades adecuadas para sus habilidades.

El enfoque de esta norma se concentra en el aspecto humano y en el ahorro que puede ser conseguido con medidas de relativo bajo costo. Para manejar la energía en las escuelas es vital tener los datos correctos de energía, y la forma más confiable es con medidores. Para ello se deben de seguir los siguientes pasos:

1. Leer los datos de los medidores en intervalos regulares y al mismo tiempo del día.

2. Guardar las lecturas cada vez que se toman datos.
3. Comparar y analizar los datos de consumo contra las metas propuestas.
4. Tomar acciones para resolver excesos de consumo o algún otro error.

Es importante, según esta norma, el realizar análisis de los datos constantemente, al menos mensualmente y luego graficar los resultados cada año. Además, es de gran importancia involucrar al estudiantado, de esta forma ellos empezarán a conocer sobre el uso de energía y del manejo de datos. Si no existe acceso a los medidores, al menos mostrarles los datos obtenidos ayuda a lograr este aspecto.

*Tabla 2. Puntos de referencia de 1999-2000 para 2000 escuelas*

<b>Energía anual (kWh/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Escuelas primarias</b>		<b>Escuelas secundarias (sin piscina)</b>		<b>Escuelas secundarias (con piscina)</b>	
	<b>Combustible fósil</b>	<b>Electricidad</b>	<b>Combustible fósil</b>	<b>Electricidad</b>	<b>Combustible fósil</b>	<b>Electricidad</b>
<i>buena</i>	113	22	108	25	142	29
<i>práctica</i>						
<i>Típico</i>	164	32	144	33	187	36
<i>Mala</i>	224	45	191	41	233	41
<i>práctica</i>						

Fuente: Carbon Trust (s.f.)

Tabla 3. Puntos de referencia para el consumo de agua

<b>Energía anual (m<sup>2</sup>/estudiante)</b>	<b>Escuelas primarias (con piscina)</b>	<b>Escuelas primarias (sin piscina)</b>	<b>Escuelas secundarias (con piscina)</b>	<b>Escuelas secundarias (sin piscina)</b>
<i>Buena práctica</i>	3.12	2.63	3.38	2.74
<i>Típico</i>	4.25	3.68	4.86	3.82
<i>Mala práctica</i>	5.37	5.31	7.05	5.75

Fuente: Carbon Trust (s.f.)

La norma que se usa en Estados Unidos es la de Energy Star llamada “Marcador Energy Star para escuelas k-12 en los Estados Unidos” (Energy Star, 2018). Estas escuelas son instituciones en las cuales se imparten lecciones desde el kínder hasta el duodécimo grado. Son las escuelas más comunes en Estados Unidos (Kleiman, 2000).

Energy Star es una colaboración entre industria y gobierno que ofrece información a empresas y consumidores sobre soluciones en eficiencia energética, haciendo más fácil el ahorro de dinero y la protección del medioambiente para las futuras generaciones. Fue introducida en 1992 por la Agencia de Protección del Ambiente de Estados Unidos (EPA). El programa de las etiquetas de Energy Star fue diseñado para identificar y promover la eficiencia de energía en productos, esto para crear oportunidades simples de reducción de contaminación (Boyd, Dutrow y Tunnessen, 2007).

El objetivo de este marcador es proveer una justa evaluación del rendimiento energético de una propiedad en relación con otras similares, teniendo en cuenta el clima y las actividades que se llevan a cabo en dicha propiedad. El resultado de este análisis

es una ecuación que predice el uso de energía de la propiedad, basado en su actividad comercial; en este caso serán las lecciones en la escuela. La predicción del uso de energía del edificio es comparada con el gasto actual y se da un porcentaje de 1 a 100 de ranking de rendimiento, relativo a su población.

La norma toma en cuenta lo siguiente:

- Tipo de propiedad: ya sea de uno o de varios edificios.
- Datos de referencia: se usan datos del Departamento de Energía, y del CBECS (Encuesta de consumo de energía en edificios comerciales).
- Ajustes por clima y actividad realizada que incluye ajustes por:
  - Número de funcionarios
  - Si la escuela abre o no los fines de semana
  - Si en la escuela se cocina o no
  - Si cuenta con educación superior (colegio) o no
  - Clima
  - Porcentaje del edificio que necesite aire acondicionado o calefacción
- Fecha de lanzamiento: La versión más actualizada de la norma es de agosto del 2018.

Tabla 4. Estadística descriptiva para variables de la ecuación

<b>Variable</b>	<b>Media</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<i>Fuente EUI</i>	114.70	25.71	241.80
<i>Número de trabajadores cada 92.9 m<sup>2</sup></i>	0.80	0.12	1.89
<i>Cantidad de días con calefacción</i>	3597	0	10744
<i>Cantidad de días con aire acondicionado</i>	1472	0	4883
<i>Cocina (sí/no)</i>	0.64	0	1
<i>Abre fines de semana (sí/no)</i>	0.26	0	1
<i>Escuela secundaria (sí/no)</i>	0.26	0	1

Fuente: Energy Star (2018)

Para comprobar si la iluminación de las aulas y diferentes recintos dentro de las escuelas cumple con lo requerido para considerarse como adecuada, se usará la norma INTE-31-08-06-2000 de INTECO, la cual establece los niveles y condiciones de iluminación que deben tener los centros de trabajo, de forma que esta no sea un factor de riesgo y que no provoque daños a la salud de los trabajadores cuando estos realicen sus actividades. Primero se debe categorizar el tipo de iluminación a partir de:

Tabla 5. Factores de peso para categorización de la iluminación

<b>Características del trabajo y el trabajador</b>	<b>Factor de peso</b>		
	<b>-1</b>	<b>0</b>	<b>+1</b>
Edad de los trabajadores	Debajo de los 40	40-55	Mas de 55
Velocidad y precisión	No importante	Importante	Crítica
Reflectancia del fondo del trabajo	Mas del 70 %	30 a 70 %	Menos de 30%

Fuente: INTECO (2000)

Para calcular qué nivel de iluminación se necesita se deben de sumar los tres factores de peso, y si la suma es -2 o -3, se usa la menor de las iluminaciones, caso contrario si da +2 o +3, donde se usaría la más alta; se usaría la iluminación intermedia si se obtiene -1,0, o +1. Para cada una de las diferentes tareas visuales que existen se tiene un rango de iluminación en lux, los cuales se obtienen de la siguiente tabla:

Tabla 6. Valores de iluminación, según el tipo de tarea visual

Clase de tarea visual	Iluminación sobre el plano de trabajo (lux)	Ejemplos típicos de tareas visuales
Visión ocasional Solamente	100 –150-200	Para permitir movimientos seguros por ejemplo en lugares de poco tránsito; sala de calderas, depósito de materiales toscos y voluminosos, y armarios;
Tareas intermitentes ordinarias y fáciles, con contrastes fuertes	200–300-500	Trabajos toscos, intermitentes y mecánicos, inspección general y contado de partes de inventario, colocación de maquinaria pesada;
Tareas moderadamente críticas y prolongadas, con detalles medianos	500-750-1000	Trabajos medianos, mecánicos y manuales, inspección y montajes. Trabajos comunes de oficina, tales como: lectura, escritura, archivo;
Tareas severas y prolongadas, y de poco contraste	1000-1500-2000	Trabajos finos, mecánicos y manuales, montaje e inspección; pintura extrafina, costura de ropa oscura;
Tareas muy severas y prolongadas, con detalles minuciosos o muy poco contraste	2000-3000-5000	Montaje e inspección de mecanismos delicados, fabricación de herramientas y matrices; inspección con calibre, trabajo de molienda fina;
Tareas excepcionales difíciles e importantes	5000-7500-10000	Trabajo fino de relojería y reparación;
	10000-15000- 20000	Casos especiales, como ejemplo: iluminación del lugar de operación en una sala de cirugía.

Fuente: INTECO (2000)

Para el caso de este proyecto, y dado que se realiza en escuelas, se escoge el rango de 500-750-1000 lux, el cual es el indicado para tareas moderadamente críticas y prolongadas, con detalles medianos, las cuales incluyen lectura, escritura y archivo de datos.

La norma también cuenta con una tabla especializada que muestra los valores mínimos de iluminación según el recinto que se esté analizando; entre ellos escuelas, por lo cual a continuación se muestra la tabla de la norma para la iluminación mínima en diferentes partes de una escuela.

Tabla 7. Valores de iluminación mínimos para una escuela

Escuelas	
<b>Aulas comunes</b>	500
<b>Aulas especiales</b>	750
<b>Bibliotecas</b>	400
<b>Circulaciones</b>	200
<b>Gimnasios</b>	300
<b>Oficinas</b>	500
<b>Piscinas:</b> Iluminación general	300 <sup>2</sup>
<b>Sobre pizarrón:</b> Iluminación suplementaria	1000
<b>Vestuarios y baños:</b> Iluminación general	100
Iluminación localizada	200 <sup>3</sup>

<sup>2</sup> 200 lux subacuáticos

<sup>3</sup> Iluminación sobre el plano vertical

Fuente: INTECO (2000)

En iluminación también se incluyen los equipos que la proveen; en el caso de las escuelas, la mayoría usan tubos fluorescentes, luces incandescentes y en menos cantidad, pero ya se ven mucho más que en el pasado, luces led.

Las lámparas incandescentes funcionan con base en incandescencia por emisión de luz generada por calor. La comprenden las bombillas incandescentes y lámparas halógenas, se les caracteriza por emitir una luz cálida (temperaturas de color entre los 2.400°K y 2.700°K), y de tener alto índice de rendimiento de color (IRC) cercano al 100%, además, no poseen metales peligrosos como el mercurio (Grupo ICE, s.f.). Algunas desventajas de este tipo de lámparas es su principio de funcionamiento, esto ya que

consume mucha energía eléctrica, y de esta sólo el 20% se transforma en luz de entre 15 a 25 lúmenes/W.

Las lámparas fluorescentes son más complejas que las incandescentes, ya que su funcionamiento consiste de la excitación en cadena de metales presentes en el interior del tubo fluorescente. Cuenta con varios tamaños circulares (T12, T8, T5, T2) y emiten luz fría de entre 4.100 °K a 6.000 °K o más cálidas entre 2.700 °K a 3.000 °K. (Grupo ICE).



Figura 2. Temperaturas de iluminación

Fuente: Grupo ICE (s.f.)

Las luces fluorescentes tienen un bajo requerimiento de potencia para su funcionamiento, tienen un precio accesible y del 100 % de energía consumida convierten un 60 % en luz, o de 50 a 100 lúmenes/W; además, cómo se mencionó, son las más utilizadas en el mercado. También se cuenta con las lámparas de alta intensidad o HID, y estas se basan en el fenómeno de luminiscencia, lo cual hace que se llamen lámparas frías. Estas se pueden clasificar según el gas utilizado (mercurio o sodio), o por la presión a las que se encuentren (alta o baja). Los tipos más comunes de lámparas HID son las lámparas de mercurio, las lámparas de sodio de alta y de baja presión, y las lámparas halogenuros metálicos (Grupo ICE, s.f.). Para terminar también se cuentan con las lámparas LED, los cuales son un tipo de semiconductor que ilumina cuando la corriente eléctrica circula a través de él. Posee una vida útil entre 30000 horas a 50000 horas, las temperaturas de color son variadas, y tienen un tiempo de arranque inmediato. Su

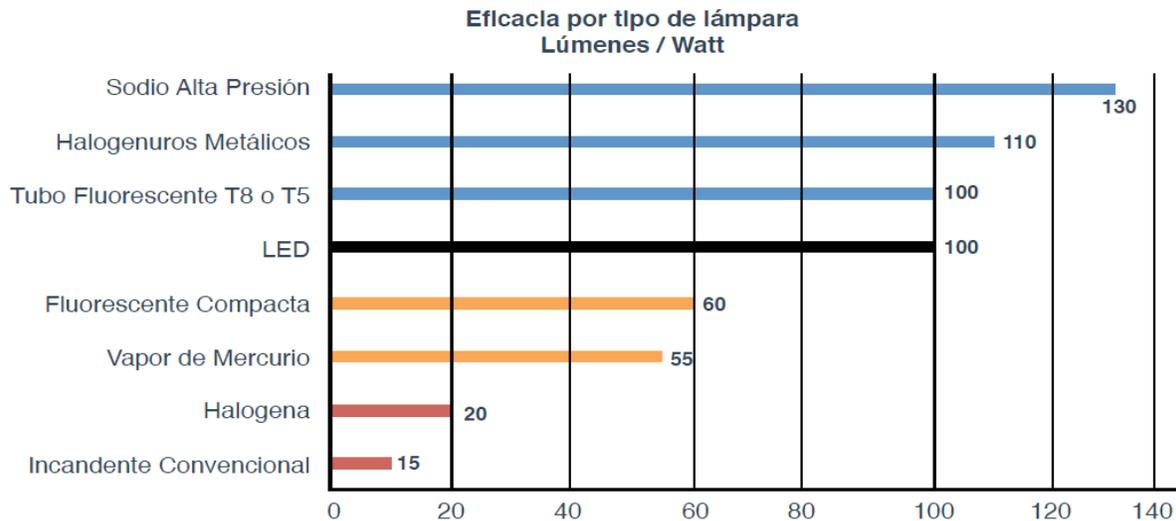
eficiencia depende de su disipador, el cual puede rondar de entre 80 a 100 lúmenes/W.

A continuación, se presentará un par de tablas, las cuales compararan diversos datos entre las diferentes luminarias, y su eficiencia.

Tabla 8. Comparación de datos de diferentes tipos de luminaria

Potencia (Watt)	Incandescente Incluyendo Tungsteno		Fluorescentes		Vapor de Mercurio	Sodio	
	Halógeno	Fluorescente	Compactos	(Con balastro propio)	Aditivos metálicos	Alta Presión	Baja Presión
	15-1500	15-219	4-40	40-1000	175-1000	(Color mejorado)	Sodio
	15-1500	15-219	4-40	40-1000	175-1000	70-1000	35-180
Vida (Hrs)	750-12.000	7.500-24.000	10.000-20.000	15.000-16.000	1.500-15.000	24.000 (10.000)	18000
Eficacia (Lum/W)	15-25	55-100	50-80	50-60	80-100	75-140	arriba de 180
Mantenimiento de lúmenes	muy pobre	muy pobre	pobre	muy bien	bien	excelente	excelente
Índice de rendimiento de color	excelente	excelentemente bien	excelentemente bien	muy pobre	muy bien	pobre	mal
Control de la dirección de la luz	excelentemente muy bien	pobre	pobre	muy bien	muy bien	muy bien	pobre
Tiempo de encendido	inmediato	inmediato	3 segundos	3-10 minutos	10-20 minutos	menos de 1 min	inmediato
Costo de Operación	alto	menos que el incandescente	menos que el incandescente	menos que el incandescente	menos que el mercurio	el menor de las HID	bajo

Fuente: Grupo ICE (s.f.)



Gráfica 4. Comparación de eficacia para diferentes tipos de lámpara

Fuente: Grupo ICE (s.f.)

Para realizar las simulaciones de iluminación en las aulas de las escuelas, se utilizó el *software* libre de Dialux EVO. Este fue creado por la compañía DIAL, empresa líder en el mercado de planeamiento de iluminación. Más de 750 000 profesionales a nivel mundial, entre ingenieros, electricistas y diseñadores, utilizan este *software* para calcular, y visualizar la iluminación de espacios. Además, más de 190 manufactureras reconocidas en el campo de la iluminación ofrecen sus productos para usarlos con DIALux (DIALux, s.f.).

Para realizar el sistema de gestión de energía se tomó como base la norma ISO 50001, esta es la encargada para definir sistemas de gestión de energía; y establece los requisitos que debe poseer un SGE con el fin de realizar mejoras continuas y sistemáticas del rendimiento energético de dicha organización (ISOTools). La norma cuenta con la siguiente estructura:

1. Ámbito de aplicación
2. Referencias normativas
3. Términos y definiciones
4. Requisitos del SGE

La norma ISO 50001 fue inicialmente publicada en el año 2001, con el propósito de permitir a las organizaciones establecer unos sistemas y procesos que permitan la mejora del rendimiento del uso de la energía, la reducción de costos, y de emisiones contaminantes con un reconocimiento internacional. Sus objetivos son:

- Reducir el consumo energético de la empresa, utilizando aquellas soluciones que mejor se adapten a la organización.

- Permitir transparencia y comunicación sobre la gestión de la eficiencia energética.
- Adquirir los conocimientos necesarios para optimizar los recursos y gestionar actividades de una organización desde una perspectiva energética.
- Automatizar y fomentar buenas prácticas de gestión energética dentro de la organización.

Finalmente se mencionarán algunas ventajas y aplicaciones de la norma ISO 50001, estas son (ISOTools):

- Favorece la mejora de la gestión de energía en aquellos proyectos orientados a la disminución de emisiones.
- Impulsa a las organizaciones a hacer uso eficiente de la energía.
- Posibilita una comunicación transparente sobre la gestión energética.
- Fomenta las prácticas de gestión de energía más adecuadas.
- Se da preferencia al empleo de nuevas tecnologías que favorezcan a la eficiencia energética.
- Inducir la existencia de eficiencia energética durante toda la organización.
- Admite la integración con otros sistemas de gestión.

Para el cálculo de las potencias de las luminarias se utilizó la fórmula mostrada por el Grupo ICE, y esta es:

$$kWh = \frac{\text{número de lámparas fluorescentes} * \text{potencia en watts} * FB * \text{horas de uso} * \text{días de uso}}{1000}$$

*Fórmula 1. Cálculo de kWh para un tubo fluorescente*

Donde “FB” es el factor de balastro.

Este factor de balastro se usa únicamente para las luminarias de tipo fluorescente, para las luminarias HID o LED se utilizó la misma fórmula, solamente que se omite el FB. Además se calculó el consumo mensual, se usó 30 días como el de uso de las luminarias.

$$kWh = \frac{\text{número de lámparas LED} * \text{potencia en watts} * \text{FB} * \text{horas de uso} * \text{días de uso}}{1000}$$

Fórmula 2. Cálculo de kWh para un tubo LED

Para conocer el gasto de por descarga de los orinales con los que cuenta la escuela actualmente, se usa la siguiente tabla de datos suministrada por INTECO:

Tabla 9. Datos de descarga de agua en servicios sanitarios y orinales

Dispositivo	Consumo de agua promedio Litros por descarga (lpd)
<b>Orinales</b>	
- alta eficiencia	0,5
- bajo consumo	1,9
- consumo normal	3,8
<b>Inodoros</b>	
- alta eficiencia	3,8
- bajo consumo	4,8
- consumo normal	6,0

Fuente: INTECO (s.f.)

Para saber si un proyecto de inversión es rentable, se utiliza la fórmula de ROI o retorno de inversión, la cual analiza la inversión inicial de un proyecto y los ingresos de este. La fórmula del ROI es:

$$ROI = \frac{\text{Ingresos sobre el proyecto} - \text{Inversión del proyecto}}{\text{Inversión del proyecto}} * 100\%$$

Fórmula 3. Fórmula para el cálculo del ROI

Para calcular el monto en colones que debe pagar cada una de las escuelas por el agua que consumen, se utiliza como base el pliego tarifario de la Municipalidad de Cartago, el cual puede observarse a continuación:



## MUNICIPALIDAD DE CARTAGO



**Pliego Tarifario del Acueducto Municipal**  
La Gaceta N° 133 - Lunes 11 de julio del 2016

La Municipalidad de Cartago informa que el Concejo Municipal de Cartago en su sesión del día 02 de Junio del 2016. Artículo 1 del acta N° 09-2016. aprobó en forma definitiva el Pliego Tarifario del Acueducto Municipal, luego de cumplidos los requisitos legales y reglamentarios, incluida Audiencia Pública.

	Domiciliaria	Ordinaria	Reproductiva	Preferencial	Gobierno
Servicio Fijo	6.250,00	16.935,00	23.580,00	6.870,00	10.620,00

Servicio Medido					
	Domiciliaria	Ordinaria	Reproductiva	Preferencial	Gobierno
0 - 15	2.550,00	5.190,00	7.790,00	2.440,00	3.895,00
16 - 25	225,00	600,00	680,00	325,00	340,00
26 - 40	400,00	870,00	825,00	385,00	390,00
41 - 60	540,00	975,00	930,00	420,00	440,00
61 - 80	600,00	1.155,00	1.050,00	600,00	675,00
81 - 100	785,00	1.450,00	1.270,00	775,00	855,00
101 - 120	1000,00	1.765,00	1.425,00	960,00	1.060,00
Más de 120	1.225,00	2.060,00	1.595,00	1.145,00	1.165,00

Además, se actualiza las condiciones generales del Pliego Tarifario.

Condiciones generales	
1. Derecho de conexión	₡8.750,00
2. Derecho de desconexión	₡8.750,00
3. Sustitución de Medidor	₡2.500,00
4. Derecho de corta y reconexión	₡11.150,00
5. Traslados de servicios	₡11.150,00
<b>6. Reposición de pavimento</b>	
6.1 Lastre compactado	₡10.550,00 metro lineal
6.2 Tratamiento superficial	₡11.400,00 metro lineal
6.3 Pavimento asfáltico	₡15.150,00 metro lineal
7. Costo por nueva conexión sin hidrómetro	₡94.157,49
8. Costo por nueva conexión con hidrómetro	₡144.160,00
9. Revisión por inconformidad en facturación del servicio de agua potable	₡11.150,00

**Rige 30 días después de su publicación.**

Licda. Gabriela Redondo Cordero. Subproveedora Municipal.-1 vez.- (IN2016037425).

Figura 3. Pliego Tarifario para el consumo de agua.

Fuente: Municipalidad de Cartago (2016)

## Metodología

Tabla 10. Metodología para el proyecto de graduación

<b>Objetivo planteado</b>	<b>Instrumento de medición</b>	<b>Fuente de información</b>	<b>Forma de recolección de datos</b>	<b>Forma de análisis de datos</b>
<b>Identificar los equipos consumidores de energía presentes, que muestre las condiciones de operación, vida útil y el impacto ambiental de los mismos, en las escuelas públicas seleccionadas</b>	Ninguno	Escuelas públicas	Mediante una revisión de las instalaciones de las escuelas	Encontrar los equipos relevantes para una gestión de energía
<b>Identificar mediante una revisión energética los usos y consumos de energía, las variables que afecten dicho consumo y los elementos que deben de ser desarrollados en el modelo de gestión de la energía</b>	Ninguno	Recibos de servicios públicos, tanto de JASEC (electricidad) y AyA (agua).	Mediante datos históricos de la energía consumida por los equipos en determinados intervalos de tiempo, ya sea agua, o electricidad  Datos históricos mediante recibos de servicios públicos	Se toman los datos obtenidos de la revisión energética y se identifican la cantidad de kWh que consumen los equipos, m <sup>3</sup> de agua que se consumen en la escuela en un determinado periodo de tiempo.
<b>Definir objetivos y metas energéticas realistas para dichas instituciones, que permitan la optimización del consumo energético</b>	Ninguno	Revisión energética realizada en el objetivo anterior	Se toman directamente de lo recopilado en la revisión energética.	Con base en los datos de la revisión energética se plantean objetivos y metas que se adecuen a las necesidades de las escuelas.

<p><b>Desarrollar un plan de acción para una adecuada gestión de energía, que incluya la participación de la administración, juntas de educación y patronatos escolares, que establezca parámetros para el manejo ideal de dichos equipos, su uso y mantenimiento y eventual disposición si fuese necesario</b></p>	<p>Ninguno</p>	<p>Revisión energética y de los objetivos y metas energéticos</p>	<p>Objetivos y metas energéticos obtenidos de la revisión energética aplicada.</p>	<p>El plan de acción se desarrollará a partir de los objetivos y metas energéticos que se obtuvieron anteriormente.</p>
<p><b>Comparar el impacto económico, energético y ambiental de dicha política contra el uso actual de los equipos, obteniendo oportunidades de mejora que las escuelas puedan implementar en un futuro si así lo desean</b></p>	<p>Ninguno</p>	<p>Plan de acción de energía</p>	<p>Resultados del uso del plan de acción en las escuelas.</p>	<p>Se analiza como la aplicación del plan de acción energético afectaría al consumo energético de las instituciones, comparándolas con el uso actual de los equipos.</p>

. Fuente: Elaboración propia

## Plan de trabajo

Se usará un diagrama de Gantt para presentar el cronograma planeado para el proyecto, iniciando el día 3 de febrero del 2020 y terminando el 17 de julio del 2020. Esto incluye los días en la cual la pandemia causó que se detuviera el curso lectivo de casi dos meses.

*Tabla 11. Tabla de fechas de actividades de la práctica profesional*

<b>Actividad</b>	<b>Fecha Inicio</b>	<b>Duración en semanas</b>	<b>Fecha Fin</b>
<i>Realizar el documento escrito de la práctica</i>	10-feb	23	17-julio
<i>Realizar un levantamiento de los equipos consumidores de energía de las escuelas públicas seleccionadas</i>	10-feb	4	9-mar
<i>Realizar revisión energética</i>	9-mar	7	27-abr
<i>Definir objetivos y metas energéticas</i>	27-abr	4	25-may
<i>Desarrollo del plan de acción</i>	25-may	4	22-jun
<i>Comparación de resultados con las recomendaciones del plan, con la situación actual</i>	22-jun	3	13-jul
<i>Correcciones del informe final, entrega final y defensa del TFG</i>	13-jul	4	10-ago

*Fuente: Elaboración propia*

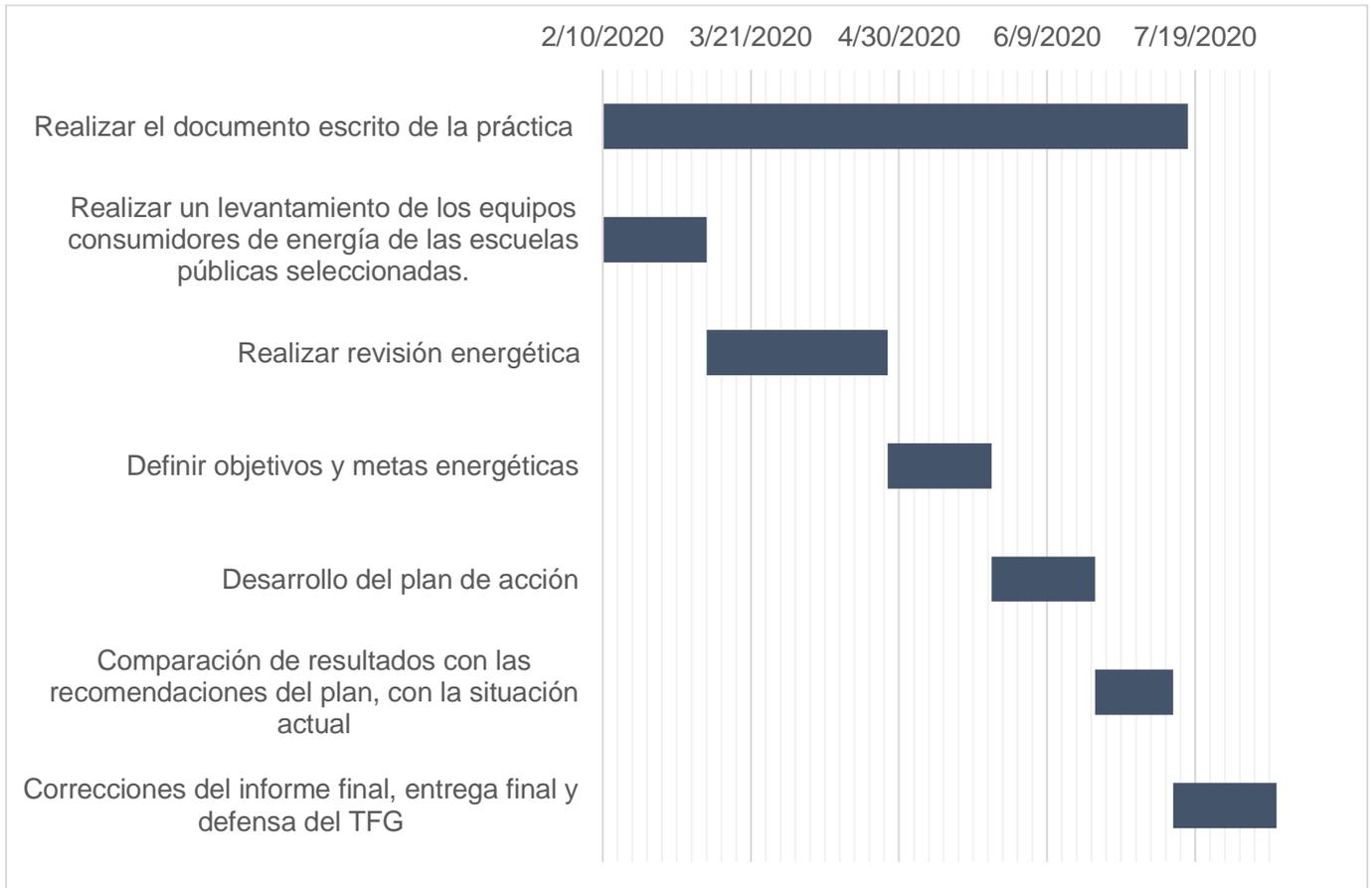


Figura 4. Diagrama de Gantt para el proyecto de graduación

Fuente: Elaboración propia

## Capítulo 1. Escuela la Pitahaya de Cartago

### Estado general

La escuela de la Pitahaya cuenta con 4857 m<sup>2</sup> de área construida y fue inaugurada en el año 1972, lo cual indica que es la escuela más nueva dentro del proyecto. Dicho esto, esta escuela cuenta con las instalaciones con mejor calidad, todas las luminarias funcionan y tienen muy buen aspecto, esto se debe a que también se han realizado bastantes restauraciones a la escuela.

En cuanto a los salones de clase de la escuela de Pitahaya, un aula regular cuenta con 6 luminarias, conformadas por 3 tubos fluorescentes T8 y un difusor, además de dos abanicos para ventilación. Este formato se repite para todas las aulas regulares (no incluye laboratorios de cómputo o educación diferenciada) de la escuela, y en todas las aulas cada luminaria funciona correctamente. En la figura 5, se muestra una fotografía de cómo están conformadas dichas aulas.

El laboratorio de cómputo cuenta con una configuración de iluminación diferentes a las aulas, ya que es conformada por solamente tubos fluorescentes T8, sin difusor, además de que cuenta con un sistema de aire acondicionado sin marca visible (figura 7 y 8). Un problema que se tiene con este laboratorio es que las luces no cuentan con difusor, el cual sirve como seguridad en caso de que el tubo, por un sismo u otro suceso, fuera a caerse. Sin el difusor, si el tubo se cayera podría herir a algún estudiante o profesor.



Figura 5. Configuración de aula regular de la escuela la Pitahaya  
Fuente: Tomada por el investigador



Figura 6. Laboratorio de cómputo de la escuela la Pitahaya  
Fuente: Tomada por el investigador



Figura 7. Aire acondicionado, laboratorio de cómputo, escuela La Pitahaya

Fuente: Tomada por el investigador



Figura 8. Modelo aire acondicionado, laboratorio de cómputo de la escuela La Pitahaya  
Fuente: Tomada por el investigador

Con respecto al comedor, usa una configuración parecida al laboratorio de cómputo, en donde solo utiliza tubos fluorescentes T8. La mayoría de los equipos que tiene el comedor son impulsados por gas. Fuera del comedor se tiene un lavatorio de llave tipo *push*, la cual funciona de manera correcta con respecto a la distribución del agua, ya que no dura demasiado y da la suficiente sin desperdiciarla. El tanque de gas utilizado para los equipos del comedor se encuentra bien posicionado a las afueras del comedor, en una zona bien identificada y segura para los miembros de la escuela. En los baños se utilizan bombillos led y lámparas de 2 tubos fluorescentes T8 cada una.



Figura 9. Iluminación del comedor de la escuela La Pitahaya

Fuente: Tomada por el investigador



Figura 10. Equipos del comedor, escuela la Pitahaya  
Fuente: Tomada por el investigador



Figura 11. Batería de lavado de manos del comedor, escuela la Pitahaya  
Fuente: Tomada por el investigador



Figura 12. Tanque de gas de la escuela la Pitahaya  
Fuente: Tomada por el investigador

Tabla 12. Lista de equipos en la escuela la Pitahaya

<u>Recinto</u>	<u>Equipos</u>
<i>Aula 1</i>	6 luminarias (cada luminaria cuenta con 3 fluorescentes T8 de 48" con difusor), 1 proyector, 2 abanicos, 1 luz emergencia.
<i>Aula 2</i>	6 luminarias (cada luminaria cuenta con 3 fluorescentes T8 de 48" con difusor), 1 proyector, 2 abanicos, 1 luz emergencia.
<i>Aula 3</i>	6 luminarias (cada luminaria cuenta con 3 fluorescentes T8 de 48" con difusor), 1 proyector, 2 abanicos, 1 luz emergencia.
<i>Aula 4</i>	6 luminarias (cada luminaria cuenta con 3 fluorescentes T8 de 48" con difusor), 1 proyector, 2 abanicos, 1 luz emergencia.
<i>Aula 5</i>	6 luminarias (cada luminaria cuenta con 3 fluorescentes T8 de 48" con difusor), 1 televisor, 2 abanicos, 1 luz emergencia.
<i>Aula 6</i>	6 luminarias (cada luminaria cuenta con 3 fluorescentes T8 de 48" con difusor), 1 televisor, 2 abanicos, 1 luz emergencia.
<i>Aula 7</i>	6 luminarias (cada luminaria cuenta con 3 fluorescentes T8 de 48" con difusor), 1 proyector, 2 abanicos, 1 luz emergencia.
<i>Aula 8</i>	6 luminarias (cada luminaria cuenta con 3 fluorescentes T8 de 48" con difusor), 1 proyector, 2 abanicos, 1 luz emergencia.
<i>Aula 9</i>	6 luminarias (cada luminaria cuenta con 3 fluorescentes T8 de 48" con difusor), 1 proyector, 2 abanicos, 1 luz emergencia.
<i>Pasillos</i>	21 luminarias (2 fluorescentes T8 de 48" con difusor)
<i>Laboratorio de Cómputo</i>	31 computadoras portátiles, sistema de aire acondicionado, 12 fluorescentes T8 de 48" y 12 fluorescentes T8 de 96" todos sin difusor
<i>Sala eventos</i>	6 luces grandes HID, 1 luz LED por baño (2), 1 luz led en bodega
<i>Sala conserjes</i>	1 luminaria (2 fluorescentes T8 de 48")
<i>Comedor</i>	11 luminarias de (2 tubos fluorescentes T8 de 48" con difusor), 2 cocinas de gas, 1 baño maría, 1 refrigeradora, 1 congelador, 1 mantenedor, 6 abanicos, 2 luces de emergencia
<i>Oficinas administrativas</i>	1 luminaria de (2 tubos fluorescentes T5), 3 luminarias (2 tubos fluorescentes T8 de 48"), 2 computadoras, 2 televisores, 1 luz LED

<i>Cafetín</i>	1 luminarias (2 tubos fluorescentes T8 de 48")
<i>Baños</i>	5 luminarias (2 tubos fluorescentes T8 de 48"), 2 luces LED
<i>Ofician Junta de Educación</i>	1 luminaria (2 tubos fluorescentes T8 de 48"), 1 televisor
<i>Oficina seguridad</i>	1 microondas, 1 Cofee Maker, 2 televisores, 2 luminarias (2 tubos fluorescentes T8 de 48")

Fuente: Elaboración propia

### Datos de consumo energético por iluminación

Para calcular la potencia en kWh de los recintos de la escuela, se utiliza la fórmula 1 en luminarias con fluorescentes y la fórmula 2, para luminarias LED. Como ejemplo de cómo se calcula, se tomará el Aula 1 de la escuela la Pitahaya. En esta aula existen 18 tubos T8 de 48", entonces aplicamos la fórmula 2:

$$kWh = \frac{18 * 0.95 * 32 * 7 * 30}{1000} = 114.91 kWh$$

Dado que esas son las únicas luminarias en el aula, quiere decir que, mensualmente, por uso de luminarias, la escuela gasta 114.91 kWh. Esto se obtiene tomando el factor de balastro como 0.95, las horas de uso diarias a siete, una potencia de 32W y 30 días, ya que se calcula un consumo mensual. Para calcular el total mensual por escuela, solamente se suma el resultado de potencia de cada uno de los recintos. Los resultados de estos cálculos para la escuela se verán en la siguiente tabla:

Tabla 13. Valores de potencia por recinto en la escuela la Pitahaya

<b>Recinto en la escuela</b>	<b>Potencia total (kWh)</b>
<b>Aula 1</b>	114.91
<b>Aula 2</b>	114.91
<b>Aula 3</b>	114.91
<b>Aula 4</b>	114.91
<b>Aula 5</b>	114.91
<b>Aula 6</b>	114.91
<b>Aula 7</b>	114.91
<b>Aula 8</b>	114.91
<b>Aula 9</b>	114.91
<b>Pasillos</b>	268.13
<b>Laboratorio de cómputo</b>	217.85
<b>Sala eventos</b>	319.41
<b>Sala conserjes</b>	12.77
<b>Comedor</b>	258.95
<b>Oficinas administrativas</b>	50.95
<b>Cafetín</b>	12.77
<b>Baños</b>	66.78
<b>Oficinas Junta de Educación</b>	12.77
<b>Oficina seguridad</b>	25.54
<b>TOTAL</b>	<b>2,280.12</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Valores de luminarias para la escuela la Pitahaya

<b>Tipo luminaria</b>	<b>Factor balastro</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Horas de uso (promedio)</b>
<b>T5</b>	0.95	28	7
<b>T8 48"</b>	0.95	32	7
<b>T8 96"</b>	0.95	59	7
<b>LED tubo</b>	-	18	7
<b>LED bombillo</b>	-	7	7
<b>HID</b>	-	250	7
<b>T12</b>	0.95	40	7

Fuente: Elaboración propia

## Datos de calidad en la iluminación

Tabla 15. Resultados de simulación de DIALux para un aula normal en la escuela IA Pitahaya

### Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Plano útil	Ē	540 lx	≥ 300 lx	✓
	g <sub>1</sub>	0.00	-	-
Valores de consumo	Consumo	1200 - 1350 kWh/a	máx. 1900 kWh/a	✓
Potencia específica de conexión	Local	13.00 W/m <sup>2</sup>	-	-
		2.41 W/m <sup>2</sup> /100 lx	-	-

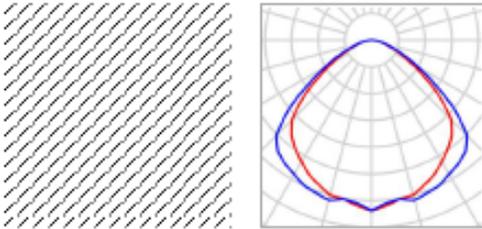
Perfil de uso: Instituciones de formación - Centros de formación, Salas de profesores

### Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
6	HAVELLS SYLVANIA S.A.	UL 503 Plus EO 48 3 32W T8 Dif #1 2x4	DE EMPOTRAR/ILUMINACIÓN GENERAL	117.0 W	7055 lm	60.3 lm/W

Como se puede observar en los datos de DIALux, se tiene un promedio de 540 luxes, lo cual demuestra que, con la iluminación actual, se cumple con la norma.

Tabla 16. Información de luminaria fluorescente para un aula normal en la escuela de Pitahaya. (DIALux)



<b>Fabricante</b>	HAVELLS SYLVANIA S.A.
<b>N° de artículo</b>	UL 503 Plus EO 48 3 32W T8 Dif #1 2x4
<b>Nombre del artículo</b>	DE EMPOTRAR/ILUMINACIÓN GENERAL

#### 6 x HAVELLS SYLVANIA S.A. DE EMPOTRAR/ILUMINACIÓN GENERAL

Tipo	Disposición en campo	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1era Luminaria (X/Y/Z)	4.500 m / 1.500 m / 3.026 m	4.500 m	1.500 m	3.026 m	1
Dirección X	3 Uni., Centro - centro, 3.000 m	4.500 m	4.500 m	3.026 m	2
Dirección Y	2 Uni., Centro - centro, 3.000 m	4.500 m	7.500 m	3.026 m	3
Organización	A1	1.500 m	1.500 m	3.026 m	4
		1.500 m	4.500 m	3.026 m	5
		1.500 m	7.500 m	3.026 m	6

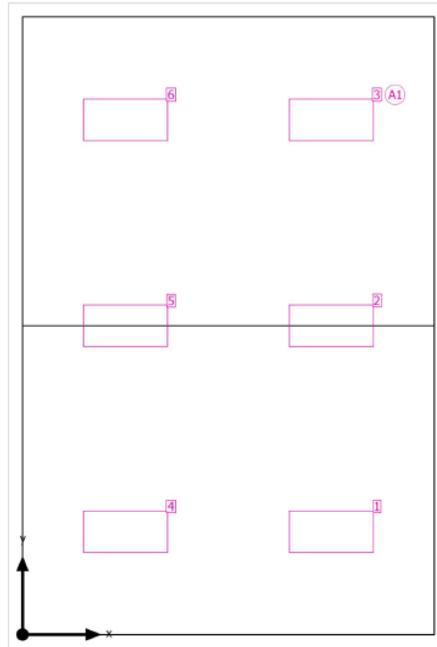


Figura 13. Distribución de luminarias fluorescentes en un aula normal en la escuela de Pitahaya (DIALux)

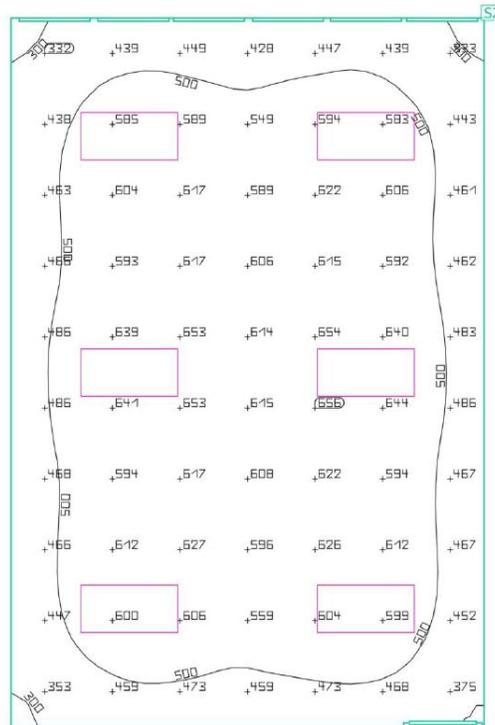


Figura 14. Distribución de luxes con luminaria fluorescente en un aula normal en la escuela de Pitahaya (DIALux)

## Análisis de consumo de agua

En la escuela de Pitahaya se genera un gasto aproximado de 187.5 m<sup>3</sup> de agua; estos datos fueron obtenidos directamente de la Municipalidad de Cartago. Se consideraron los datos de consumo de agua durante el curso lectivo regular, tomando como valor máximo 275 m<sup>3</sup> y mínimo de 100 m<sup>3</sup>. En la escuela, como se mencionó anteriormente, se usan orinales regulares con agua y servicios sanitarios de palanca. Además, hay una batería de lavado de manos a las afueras del comedor, la cual cuenta con llaves *push*; lo cual es excelente, ya que estas llaves reducen el consumo de agua y evitan que estas, por descuido, queden abiertas. Asimismo, se cuenta con bastantes áreas verdes las cuales se riegan periódicamente.

En general, no se encuentran inconvenientes con ninguno de los equipos, sin embargo, con la batería de lavado de manos se convendría pasar a un sistema de llaves *push*, con la cual se reduce el consumo de agua, además que se evitan circunstancias en que algún estudiante o personal de la escuela, por alguna razón, deje la llave abierta. No se recomienda reemplazar las llaves del comedor, pues ya cuentan con un sistema de palanca, el cual reduce el consumo de agua. Para el caso de los orinales, se analizará si es rentable el cambio a orinales secos, los cuales reducen el consumo de agua de estos equipos al 100 %.

## Datos de consumo de agua en orinales

Como se mencionó anteriormente, en la escuela hay 461 estudiantes activos, de los cuales se asume que la mitad son varones. Este dato será importante para determinar un promedio de cuánto es el uso que se le dan a los orinales actualmente.

Como se dijo, se asume que la mitad de los estudiantes son hombres y que, en promedio, utilizan un orinal de los disponibles en la escuela 1 vez por día. Lo cual quiere decir que, diariamente, los orinales están siendo utilizados en 230 ocasiones, aproximadamente, en total. Según datos de INTECO (s.f.), un orinal regular descarga 3.8 litros de agua por descarga (ver tabla 9). Entonces la escuela, en un día normal, gastaría 874 litros de agua. Si se asumen que hay 300 días de actividades en la escuela en un año normal, en promedio, en la escuela se genera un consumo de 262 200 litros al año, o de 262.2 m<sup>3</sup> de agua al año. Ahora, al tomar que el curso lectivo general toma periodo por 10 meses del año, podemos decir que mensualmente, por el uso de orinales convencionales de consumo normal, la escuela consume 26.2 m<sup>3</sup> de agua al mes.

Para calcular el monto en colones, se utiliza el pliego tarifario de la Municipalidad de Cartago, el cual brinda el servicio de agua a la escuela. Según este pliego, y según los metros cúbicos que se consumen por los orinales, el gasto anual es de ₡39 927.

## Metas energéticas para la institución

Según todos los datos que se han observado hasta este momento, se pueden determinar que las USE's (usos significativos de la energía) son el consumo de electricidad generado por luminarias; en especial el de las aulas y el gasto de agua en los baños por el uso de orinales convencionales. Estas USE's se tienen que identificar según la norma ISO 50001. El gasto de agua en comedor, áreas verdes no es un problema en el consumo, ya que se mantiene bajo control dado el equipo especializado en el comedor y en lo poco del riego en las áreas verdes.

Por su parte, la iluminación, dado el uso de luminarias de tubos fluorescentes crea un consumo bastante alto de kWh en las aulas, pasillos, y oficinas; aunque evidentemente el consumo es mayor, pues son lo que más cubre del área construida en la institución. Por otra parte, se va a investigar si el uso de sensores para el control de las luminarias es rentable. También es importante tomar en cuenta el consumo de las luces HID en el salón de eventos, las cuales consumen 319 kWh mensualmente.

Dicho esto, se buscará disminuir el consumo de las luminarias mediante el cambio de fluorescente a LED, o de HID a LED de alta intensidad y el uso de sensores en las aulas para el control de las luces. Además, se buscará la disminución en el consumo de agua por medio del remplazo de los orinales que se tienen actualmente por orinales secos.

## Posibles soluciones

### Consumo eléctrico por luminarias

Inicialmente, se considera el posible cambio de tecnología fluorescente a LED en las luminarias de la escuela. La luminaria seleccionada para el cambio es la 503 LED 2x4 de 56 watts de Sylvania, esta produce 6,520 lm y tiene una vida útil de 50 000 horas de uso. Se seleccionó esta luminaria, ya que al realizar una simulación con el *software* DIALux, se comprobó que se alcanzan los 500 lux necesarios según la norma INTECO para la calidad de la iluminación en un aula de una escuela. Los datos de dicha simulación se muestran a continuación:

Tabla 17. Resultados de simulación de DIALux para un aula normal con luminarias LED en la escuela de Pitahaya. (DIALux)

#### Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Plano útil	Ē	514 lx	≥ 300 lx	✓
	g <sub>1</sub>	0.00	-	-
Valores de consumo	Consumo	580 - 660 kWh/a	máx. 1900 kWh/a	✓
Potencia específica de conexión	Local	6.39 W/m <sup>2</sup>	-	-
		1.24 W/m <sup>2</sup> /100 lx	-	-

Perfil de uso: Instituciones de formación - Centros de formación, Salas de profesores

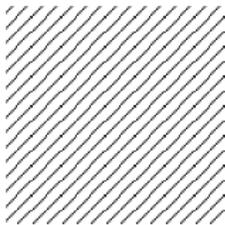
#### Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
6	FEILO	UL 503 LED 2x4 4 6520lm 56W Dif 1 Emp TS	De Empotrar/ Iluminacion General	57.5 W	6524 lm	113.4 lm/W

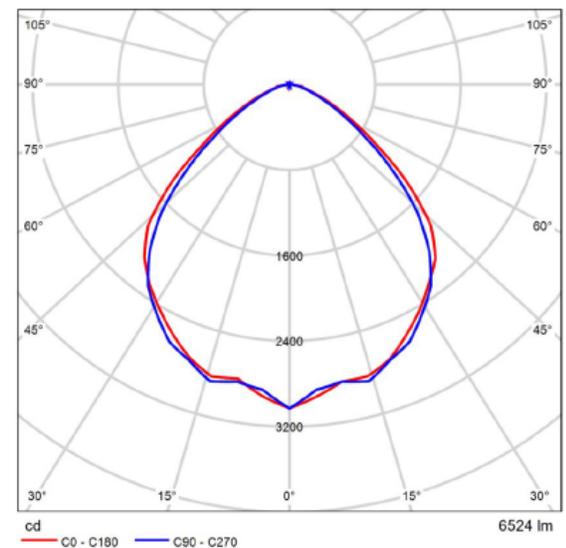
Como se puede observar en la tabla de resultados anterior, se tiene un promedio de 514 lx en el aula en su plano útil, es decir, a la altura de los escritorios en el aula. Con esto se comprueba que se cumpla con la norma INTECO, además de que como son luminarias LED, se consume menos energía y tienen una vida útil mucho mayor.

Tabla 18. Información de luminaria LED para un aula normal en la escuela de Pitahaya (DIALux)

### FEILO De Empotrar/ Iluminacion General



N° de artículo	UL 503 LED 2x4 4 6520lm 56W Dif 1 Emp TS
P	57.5 W
$\Phi_{\text{Luminaria}}$	6524 lm
Rendimiento lumínico	113.4 lm/W
CCT	3000 K
CRI	100



CDL polar

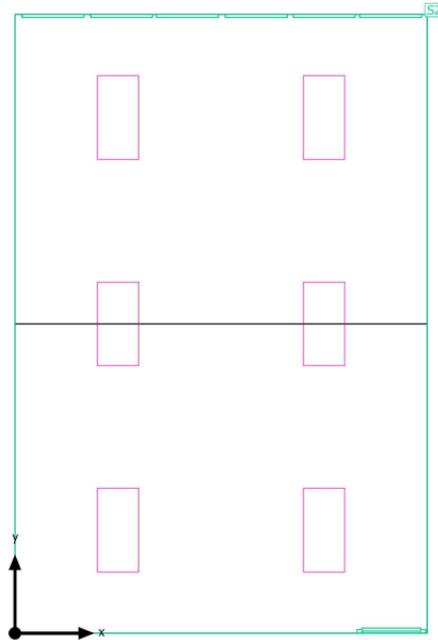


Figura 15. Distribución de luminarias LED en un aula normal en la escuela de Pitahaya (DIALux)

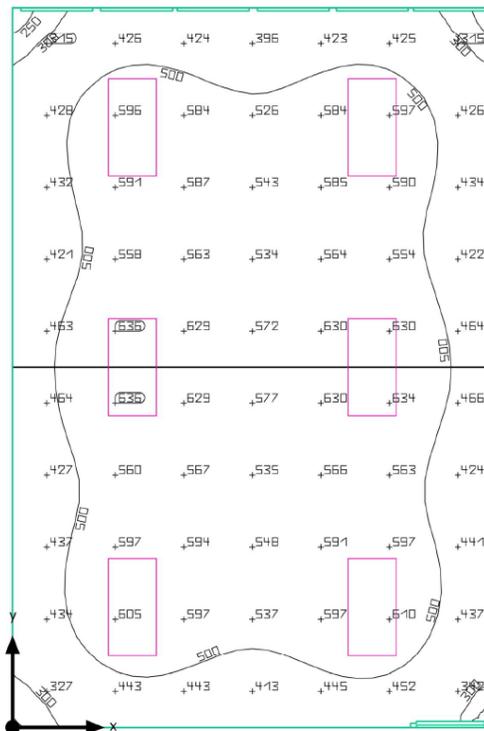


Figura 16. Distribución de luxes con luminaria LED en un aula normal en la escuela de Pitahaya (DIALux)

En la tabla se muestra cómo serán las nuevas potencias de las luminarias LED por recinto en la escuela.

Tabla 19. Valores nuevos de Potencia en la escuela de La Pitahaya

<b>Recinto de la escuela</b>	<b>Potencia total (kWh)</b>
<b>Aula 1</b>	70.56
<b>Aula 2</b>	70.56
<b>Aula 3</b>	70.56
<b>Aula 4</b>	70.56
<b>Aula 5</b>	70.56
<b>Aula 6</b>	70.56
<b>Aula 7</b>	70.56
<b>Aula 8</b>	70.56
<b>Aula 9</b>	70.56
<b>Pasillos</b>	246.96
<b>Laboratorio de cómputo</b>	70.56
<b>Sala eventos</b>	130.41
<b>Sala conserjes</b>	12.77
<b>Comedor</b>	129.36
<b>Oficinas administrativas</b>	50.95
<b>Cafetín</b>	12.77
<b>Baños</b>	66.78
<b>Oficina Junta de Educación</b>	12.77
<b>Oficina seguridad</b>	25.54
<b>Total</b>	<b>1,393.90</b>

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se propondrá la opción de poner sensores en las aulas, para que funcionen como controladores automáticos para las luminarias. Estos se pondrían eventualmente en modo de vacancia, eso quiere decir que las luces no se encienden automáticamente cuando se ingresa a un recinto, sino que tienen que encenderse

manualmente. Los sensores se encargan de mantener las luminarias encendidas y de apagarlas en caso de que ya no haya personas en el aula. De esa forma, se evitan falsos positivos y que las luminarias no se enciendan cuando no deben. Además, son sensores duales, tanto por infrarrojo como de movimiento, por lo cual las luminarias no se apagarían en caso de que las personas en el recinto no se muevan, o lo hagan mínimamente. Se analizaron varios productos y marcas, al final se decidió elegir los sensores dual Eagle MDC-50L, ya que estos brindan el mejor servicio por el precio. Se tomaron en consideración modelos de Lutron, que sin duda son de más alta tecnología, además que brinda más servicios, cómo crear ambientes en el aula, pero su precio era demasiado alto. Otra opción fueron los sensores de movimiento Tecnolite, que si bien es cierto son de menor precio, solo brindan detección por movimiento, la cual no es ideal para un centro escolar.

Otro de los cambios que se buscan realizar es el de las luminarias en el salón de eventos de la institución, ya que este cuenta con luminarias HID, de aproximadamente 250 watts que producen un gran consumo de kWh en este recinto de la escuela. Para disminuir este consumo, se busca reemplazar dichas luces con LED de alta intensidad de 100 W OSRAM de 9,500 lm y de una vida útil de 25 000 horas. Estas luminarias no sólo son más eficientes, ya que causan un ahorro de aproximadamente 189 kWh mensualmente, sino que también producen una mejor calidad de iluminación.

### Consumo hídrico por orinales

Con respecto a los orinales, la solución planteada es la instalación de orinales secos, ya que estos reducen el consumo de agua en un 100 %, cómo se mencionó anteriormente. Otra ventaja de estos es que su mantenimiento es menor a los de los orinales regulares, pues sus capsulas solo necesitan mantenimiento cada cierto tiempo. Se buscaron varias opciones para los orinales, una de estas fueron los orinales secos URIMAT, que cuentan con gran tecnología y calidad, pero a un precio muy alto. La mejor opción para este proyecto fue el modelo MOJAVE TD2 de la marca HELVEX, la cual es de gran calidad y a un precio más cómodo para la institución. Además, cuenta con una tecnología que no usa geles, muy comunes en orinales secos de otras marcas, y es beneficioso puesto que requiere un mantenimiento menor a los orinales. En vez de gel, usa un sistema con una cápsula con una pelota, la cual mantiene malos olores fuera del alcance de los usuarios del orinal y un mantenimiento sencillo, ya que la pelota puede ser lavada y reutilizada constantemente. Este cartucho tiene una vida útil de 3 a 5 años y el orinal, 65.

## Análisis financiero de las posibles soluciones

Antes de explicar si las posibles soluciones para los consumos en la escuela son rentables, es importante aclarar que los precios de inversión se ven exentos de impuestos, esto se debe a que las compras de activos realizadas por las juntas de educación para la institución se encuentran exentas de impuestos.

Otro aspecto por resaltar es que la mano de obra para la instalación de dichos equipos se ve cubierta por el personal de mantenimiento de la escuela, por lo cual, este rubro no se ve contemplado en las inversiones iniciales para el cálculo del ROI (return of investment o retorno de inversión)

Para el cálculo del ROI, se aplica la fórmula 3 como ejemplo para el primer año de cambio de luminarias de fluorescente a LED en la escuela la Pitahaya. En este caso, la inversión inicial es de ₡8,080,100; este dato sale de comprar 92 luminarias 503 LED a ₡85,000 y 6 LED de alta potencia a ₡43,350 el ahorro anual por el uso de estas luminarias es de ₡830,246. Entonces si aplicamos la fórmula 3, se tiene:

$$ROI = \frac{830,246 - 8,080,100}{8,080,000} * 100\% = -89,72\%$$

Para el caso de las proyecciones en este proyecto, se analiza el ROI con los ahorros acumulados al pasar los años, con lo cual los ingresos se van acumulando. Eventualmente, si el proyecto es rentable, en uno de los años posteriores a la instalación de los nuevos equipos, el ROI será positivo, indicando que el proyecto ya cubrió la inversión inicial. Esto querría decir que, en los siguientes años, todo ingreso que se tenga será ganancia.

## Luminarias LED y LED de alta potencia

Tabla 20. Análisis de ROI en cambio a luminarias LED en la escuela de Pitahaya

Año	Movimientos	Acumulado de ahorros	ROI estimado	Depreciación en horas al año	Vida útil restante en horas
0	(8,080,100.00)				50,000.00
1	₡830,246	₡830,246	-89.72%	2,100.00	47,900.00
2	₡830,246	₡1,660,493	-79.45%	2,100.00	45,800.00
3	₡830,246	₡2,490,739	-69.17%	2,100.00	43,700.00
4	₡830,246	₡3,320,985	-58.90%	2,100.00	41,600.00
5	₡830,246	₡4,151,232	-48.62%	2,100.00	39,500.00
6	₡830,246	₡4,981,478	-38.35%	2,100.00	37,400.00
7	₡830,246	₡5,811,724	-28.07%	2,100.00	35,300.00
8	₡830,246	₡6,641,971	-17.80%	2,100.00	33,200.00
9	₡830,246	₡7,472,217	-7.52%	2,100.00	31,100.00
<b>10</b>	<b>₡830,246</b>	<b>₡8,302,463</b>	<b>2.75%</b>	<b>2,100.00</b>	<b>29,000.00</b>
11	₡830,246	₡9,132,710	13.03%	2,100.00	26,900.00
12	₡830,246	₡9,962,956	23.30%	2,100.00	24,800.00
13	₡830,246	₡10,793,202	33.58%	2,100.00	22,700.00
14	₡830,246	₡11,623,449	43.85%	2,100.00	20,600.00
15	₡830,246	₡12,453,695	54.13%	2,100.00	18,500.00
16	₡830,246	₡13,283,942	64.40%	2,100.00	16,400.00
17	₡830,246	₡14,114,188	74.68%	2,100.00	14,300.00
18	₡830,246	₡14,944,434	84.95%	2,100.00	12,200.00
19	₡830,246	₡15,774,681	95.23%	2,100.00	10,100.00
20	₡830,246	₡16,604,927	105.50%	2,100.00	8,000.00
21	₡830,246	₡17,435,173	115.78%	2,100.00	5,900.00
22	₡830,246	₡18,265,420	126.05%	2,100.00	3,800.00
23	₡830,246	₡19,095,666	136.33%	2,100.00	1,700.00

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, se observa que el cambio de luminarias fluorescentes a LED y de HDI a LED de alta potencia es rentable para la organización, dado que la inversión inicial se estará pagando al décimo año. Dado que la vida útil de las luminarias es de 50,000 horas según el modelo, y se asume un promedio de 2100 horas de uso al año, las luminarias, con buen mantenimiento, pueden tener una vida útil de hasta 23 años. Esta vida útil también aplicaría para las luces LED de alta potencia, que, aunque tengan una vida útil menor, tienen un uso anual mucho menor. La inversión inicial se toma de ₡8,080,100, ya que se considera que se necesitarían 92 luminarias nuevas para las aulas, pasillos, comedor, y laboratorio de cómputo, que actualmente cuentan con luminarias fluorescente; y el precio por unidad es de ₡85,000; y 6 luces LED de alta potencia para el salón de eventos, a ₡43,350 por unidad. Además, se toma un ahorro anual de aproximadamente 886.22 kWh, tomando en cuenta un promedio de 7 horas de uso de las luminarias al día, por 300 días. Este ahorro equivale a ₡830,246 anuales.

### Sensores dual

Tabla 21. Análisis de ROI en sensores dual en la escuela de Pitahaya

<b>Año</b>	<b>Movimientos</b>	<b>Acumulado de ahorros</b>	<b>ROI estimado</b>
0	287,240.00		
1	₡48,686	₡48,686	-83.05%
2	₡48,686	₡97,371	-66.10%
3	₡48,686	₡146,057	-49.15%
4	₡48,686	₡194,743	-32.20%
5	₡48,686	₡243,429	-15.25%
<b>6</b>	<b>₡48,686</b>	<b>₡292,114</b>	<b>1.70%</b>
7	₡48,686	₡340,800	18.65%
8	₡48,686	₡389,486	35.60%

9	₡48,686	₡438,171	52.55%
10	₡48,686	₡486,857	69.49%

Fuente: Elaboración propia

Para calcular el retorno de inversión de estos sensores se usó un caso hipotético, en el cual las luminarias de un aula u oficina se queden encendidas después de acabadas las lecciones, más específicamente, un viernes, por lo cual, las luminarias consumirían energía durante 48 horas de ese fin de semana. Además, se usará el consumo con las luminarias LED propuestas con el fin de comprobar la importancia de un sensor dual, el cual evitaría que sucediera este acontecimiento. Para el cálculo se tomó que esto ocurriera 4 veces por cada aula y oficina. Promediando el consumo de kWh en 48 horas de un aula, en 16.128 kWh y en una oficina de 10.752 kWh, y dado que se tienen 9 aulas y una oficina, se puede decir que, al año, por estos acontecimientos se gastarían ₡48,686 anuales; los cuales, si existieran los sensores, no se desperdiciarían.

Como se puede observar en la tabla anterior, y considerando una vida útil a los sensores de 10 años con buen mantenimiento y el cambio de baterías del Power Pack que ya viene incluido en la inversión inicial, el proyecto es rentable y se estaría pagando en el 6.º año.

## Orinales secos

Tabla 22. Análisis de ROI en cambio a orinales secos en la escuela de Pitahaya

Año	Movimientos	Acumulado de ahorros	ROI estimado
0	(360,355.80)		
1	₡39,927	₡39,927	-88.92%
2	₡39,927	₡79,854	-77.84%
3	₡39,927	₡119,781	-66.76%
4	₡39,927	₡159,708	-55.68%
5	₡39,927	₡199,635	-44.60%
6	₡39,927	₡239,562	-33.52%
7	₡39,927	₡279,489	-22.44%
8	₡39,927	₡319,416	-11.36%
9	₡39,927	₡359,343	-0.28%
<b>10</b>	<b>₡39,927</b>	<b>₡399,270</b>	<b>10.80%</b>
11	₡39,927	₡439,197	21.88%
12	₡39,927	₡479,124	32.96%
13	₡39,927	₡519,051	44.04%
14	₡39,927	₡558,978	55.12%
15	₡39,927	₡598,905	66.20%
16	₡39,927	₡638,832	77.28%
17	₡39,927	₡678,759	88.36%
18	₡39,927	₡718,686	99.44%
19	₡39,927	₡758,613	110.52%
20	₡39,927	₡798,540	121.60%
21	₡39,927	₡838,467	132.68%
22	₡39,927	₡878,394	143.76%
23	₡39,927	₡918,321	154.84%
24	₡39,927	₡958,248	165.92%
25	₡39,927	₡998,175	177.00%

Fuente: Elaboración propia

Como se mencionó anteriormente, el consumo de agua por descargas en orinales es de aproximadamente ₡39,927, como se está cambiando a orinales secos, se tomará como ahorro anual este consumo de agua que ya no se estará realizando. Se calcula una inversión inicial de ₡360,355.80, dado que se necesitaran 3 orinales y cada uno de estos tiene un precio de ₡120,119. Como se puede ver en la tabla, el proyecto es rentable, ya que se paga en el décimo año, esto destacando que la vida útil de los orinales no cubre 25 años, como la tabla indica, sino que es de 65 años (HELVEX). En la tabla se colocó el dato de hasta 25 años solamente como referencia.

### **Plan de acción para la escuela la Pitahaya**

Después de analizar los equipos presentes en la escuela, descubrir el gasto por consumo de agua y electricidad, y una vez identificados los equipos en que se puede recortar dicho consumo, se recomiendan realizar las siguientes acciones:

- Reemplazar las luminarias de tubos fluorescentes en pasillos, oficinas, aulas y comedor por luminarias LED de bajo consumo, se recomienda el modelo 503 LED de Sylvania 2x4 de 56 W Y 6520 lm, con el fin de reducir el consumo de kWh por iluminación en estos recintos de la institución, sin comprometer la calidad de la iluminación.
- Colocar sensores con tecnología dual en las aulas, se recomienda utilizar el modelo propuesto de la marca Eagle, para prevenir instancias en donde las luminarias de las aulas u oficinas puedan quedar encendidas después de las lecciones u otras actividades. De esta manera, no se incurre en un desperdicio innecesario de electricidad.

- Reemplazar los orinales convencionales de consumo regular en los baños de hombres de la escuela, por orinales secos. Se recomienda que se use el modelo MOJAVE TD2 de Helvex, ya que este en específico requiere de menos mantenimiento, menos repuestos y utiliza un sistema de drenaje con gel, muy usado en otros modelos de orinal seco en el mercado. El reemplazo con orinales secos lograría reducir el consumo de agua en los baños considerablemente.
- En el caso de planear instalar más baterías de lavado de manos en la escuela, debido a la importancia de la higiene –evidenciada también con la reciente pandemia– se recomienda que se instalen llaves con sistemas *push*, como las que ya se cuentan en la batería de lavado de manos del comedor, o con sistema de pedal, ya que estos evitan el desperdicio de agua y son más eficientes que las llaves comunes.
- Substituir las luminarias HID en el salón de eventos por luces LED de alta potencia, se recomienda el modelo OSRAM de 100W y 9,500 lm, ya que proveen una mejor calidad de iluminación para este recinto, además de que consumen mucho menos que las luminarias que se tienen actualmente.
- Si se da un cambio en los equipos de aire acondicionado que sea de tipo *inverter*, el cual es un tipo de aire acondicionado en el cual se regula la velocidad del compresor, con el fin de evitar gastos innecesarios y alargar la vida del compresor.
- Involucrar a todos los empleados de la escuela: administrativos, docentes, misceláneos y demás, en la importancia del ahorro de energía, dando énfasis en el buen manejo de los equipos, su correcto mantenimiento y las buenas prácticas. Esto con el motivo de inculcar en ellos, e involuntariamente a los estudiantes, que

el ahorro de energía no solo es importante económicamente, sino que ayuda de sobremanera al medio ambiente.

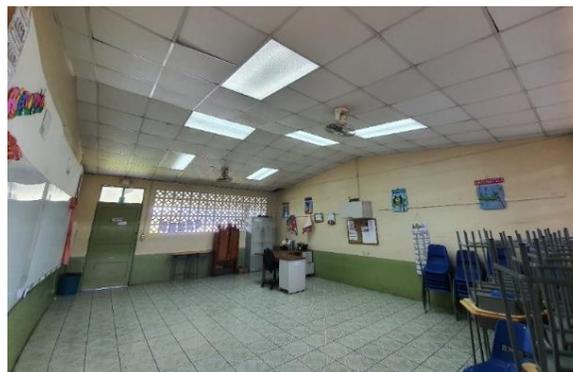
- Con respecto a los estudiantes, se recomienda colocar señales visuales, ya sea en aulas o pasillo, recordándoles de la importancia del buen uso de los equipos y del ahorro de energía, como aliados del medioambiente y de la economía de la escuela.
- De ser posible, dar charlas esporádicas a los estudiantes sobre el ahorro de energía y su efecto en el medioambiente y en la economía, desde una perspectiva que sea atractiva para ellos.
- Dar un buen mantenimiento a los equipos actuales, y a los futuros si se implementan en la institución, ya que la vida de útil de estos se verá afectada según el mantenimiento y buen uso que se les den. Dar especial atención a misceláneos y encargados de mantenimiento institucionales para que su trabajo con los equipos nuevos recomendados sea lo mejor posible.

## Capítulo 2. Escuela San Ignacio de Loyola

### Estado general

La escuela de Loyola cuenta con más aulas que la escuela anterior y es más antigua, ya que se fundó en el año 1969, pero no ha contado con tantas remodelaciones como la escuela de Pitahaya. Sin embargo, este año se planeó una renovación al comedor institucional, la cual se está realizando durante la realización de este proyecto. Además, se planea instalar una cancha para actividades deportivas.

Las aulas en la escuela de Loyola, como las de la escuela la Pitahaya, tienen una distribución de la iluminación uniforme. Estas cuentan con 6 lámparas conformadas por dos tubos fluorescentes T8 cada una, pero a diferencia de la primera escuela, su iluminación artificial no es tan buena, pues en varias aulas existen algunas lámparas que no funcionan. Se hace énfasis en artificial en el punto anterior ya que aproximadamente la mitad de las aulas en esta escuela cuentan con tragaluces, lo cual hace que mucha luz natural entre a las aulas. En la escuela de Pitahaya este no era el caso.



*Figura 17. Aula regular de la escuela de Loyola  
Fuente: Tomada por el investigador*

La escuela de Loyola cuenta con dos laboratorios, uno de cómputo y otro de robótica, cada uno posee una unidad de aire acondicionado propia. Al igual que la escuela anterior, los laboratorios cuentan con disposiciones de iluminación diferentes, el laboratorio de cómputo tiene 10 luminarias, compuestas de 2 tubos fluorescentes T8, sin difusor; 6 de ellas de 96" y el resto de 48". El laboratorio de robótica posee 10 luminarias de 2 tubos fluorescentes T8, con difusor, pero 3 no funcionan. En estos laboratorios se tiene el mismo problema que los laboratorios anteriores: la falta de difusor, por lo cual no se cuenta con seguridad en caso de que algún tubo fuera a caerse.



Figura 18. Laboratorio de cómputo de la escuela de Loyola  
Fuente: Tomada por el investigador

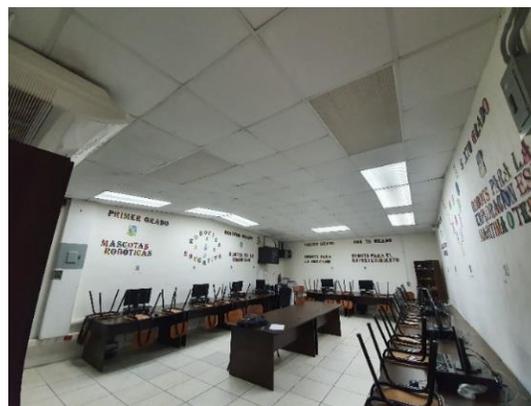


Figura 19. Laboratorio de robótica, escuela de Loyola  
Fuente: Tomada por el investigador



*Figura 20. Aire Acondicionado del laboratorio de cómputo, escuela de Loyola  
Fuente: Tomada por el investigador*



*Figura 21. Aire Acondicionado del laboratorio de robótica, escuela de Loyola  
Fuente: Tomada por el investigador*

Como se observa en las figuras 20 y 21, los sistemas de aire acondicionado con los que cuentan dichos laboratorios. En el laboratorio de robótica, el equipo es más reciente, por lo que se encontraba en mejor estado y se podía observar claramente los datos del sistema. Se trata de un ComforStar, modelo NEO60SC. Esto no ocurre con el sistema de aire acondicionado del laboratorio de cómputo, del cual solo se sabe que es marca FRESH.



*Figura 22. Datos sistema de aire acondicionado, laboratorio de robótica, escuela de Loyola  
Fuente: Tomada por el investigador*

Con respecto al comedor, hay que hacer énfasis que, al momento de realizar el proyecto, este salón está siendo remodelado totalmente, se demolieron un par de paredes para expandir el espacio y se cambiaron las luminarias, antes estas eran similares a las que se encuentran en las aulas, pero ahora se están reemplazando por tubos LED. Al no conocer el equipo con el que va a contar el comedor, este no se tomará en cuenta para el resto de los cálculos.



Figura 23. Área de comedor de la escuela de Loyola  
Fuente: Tomada por el investigador



Figura 24. Área de comedor de la escuela de Loyola  
Fuente: Tomada por el investigador

Los baños en la escuela son iluminados con luces LED y tienen equipo estándar en orinales y servicios sanitarios de palanca (figuras 25 y 26). Afuera de cada baño de la escuela y también del comedor se encuentra un lavatorio de llaves *push* como el que se muestra en la figura 27. Estos lavatorios también dan agua en un tiempo justo y a una presión regular para el lavado de manos, evitando el desperdicio. Cabe destacar que el lavatorio del comedor cuenta con un sistema diferente, ya que en lugar de ser *push* convencional, se usa un sistema de pedal.



*Figura 25. Servicio sanitario de los baños de la escuela de Loyola  
Fuente: Tomada por el investigador*



*Figura 26. Urinales de los baños de la escuela de Loyola  
Fuente: Tomada por el investigador*



*Figura 27. Lavatorio de maños de la escuela de Loyola  
Fuente: Tomada por el investigador*

Las oficinas de la escuela, como muchas de las aulas, cuentan con buena luz natural gracias a los tragaluces, y con las mismas luminarias que las aulas. Una oficina por destacar es la del PIAD, la cual cuenta con su propio sistema de aire acondicionado, pues en esta oficina se maneja los registros de los alumnos, ya sea notas y demás en un servidor, por lo cual se necesita mantener una temperatura adecuada para los equipos. También se cuentan con un par de oficinas pequeñas o cubículos, que son muy pequeños y están iluminados con un tubo fluorescente T8 cada una.



*Figura 28. Aire acondicionado del PIAD en escuela de Loyola  
Fuente: Tomada por el investigador*



Figura 29. Oficina de la dirección de la escuela de Loyola  
Fuente: Tomada por el investigador

Tabla 23. Lista de equipos en la escuela Loyola

<u>Recinto</u>	<u>Equipos</u>
Aula 1	6 luminarias (2 tubos fluorescentes T8 de 48”), 1 proyector, 2 abanicos
Aula 2	6 luminarias (2 tubos fluorescentes T8 de 48”), 1 proyector, 2 abanicos
Aula 3	6 luminarias (2 tubos fluorescentes T8 de 48”), 1 proyector, 2 abanicos
Aula 4	6 luminarias (2 tubos fluorescentes T8 de 48”), 1 proyector, 2 abanicos; una luminaria no funciona
Aula 5	5 luminarias (2 tubos fluorescentes T8 de 48” con difusor), 1 proyector, 2 abanicos; una luminaria no funciona
Aula 6	6 luminarias (2 tubos fluorescentes T8 de 48” con difusor), 1 proyector, 2 abanicos
Aula 7	6 luminarias (2 tubos fluorescentes T8 de 48” con difusor), 1 proyector, 2 abanicos
Aula 8	6 luminarias (2 tubos fluorescentes T8 de 48” con difusor), 1 proyector, 2 abanicos; una luminaria no funciona
Aula 9	6 luminarias (2 tubos fluorescentes T8 de 48” con difusor), 1 proyector, 2 abanicos; una luminaria no funciona
Aula 10	6 luminarias (2 tubos fluorescentes T8 de 48” con difusor), 1 proyector, 2 abanicos

<i>Aula 11</i>	6 luminarias (2 tubos fluorescentes T8 de 48" con difusor), 1 proyector, 2 abanicos
<i>Aula 12</i>	6 luminarias (2 tubos fluorescentes T8 de 48" con difusor), 1 proyector, 2 abanicos; una luminaria no funciona
<i>Aula 13</i>	6 luminarias (2 tubos fluorescentes T8 de 48" con difusor), 1 proyector, 2 abanicos; una luminaria no funciona
<i>Aula 14</i>	6 luminarias (2 tubos fluorescentes T8 de 48" con difusor), 1 proyector, 2 abanicos
<i>Pasillos</i>	20 luces led, 5 luminarias (2 tubos fluorescentes T8 de 96"), dos luces HID de sodio
<i>Laboratorio de Cómputo</i>	31 computadoras, 1 proyector, 1 Aire Acondicionado, 2 Abanico, 4 luminarias de 2 tubos fluorescentes T8 de 48" y 6 luminarias 2 tubos fluorescentes T8 de 96", las 10 luminarias sin difusor
<i>Laboratorio de Robótica</i>	10 computadoras, 1 Aire Acondicionado, 10 luminarias (2 tubos fluorescentes T8 de 48" con difusor), donde 3 no funcionan.
<i>PIAD</i>	4 computadoras, 1 Aire Acondicionado, 1 luminaria (2 tubos fluorescentes T8 de 48" con difusor)
<i>Escenario</i>	10 luces LED de alta potencia
<i>Sala personal</i>	6 luminarias (2 tubos fluorescentes T5 con difusor) de las 2 cuales no funcionan
<i>Comedor</i>	18 luminarias (2 tubos fluorescentes T8 de 48" con difusor) de las cuales 6 no funcionan.
<i>Bodegas</i>	2 luminarias (2 tubos fluorescentes T8 de 48"), un tubo de una de las luminarias no funciona
<i>Oficinas administrativas</i>	3 luminarias (2 tubos fluorescentes T8 de 48" con difusor), una de estas no funciona; 2 computadoras, 1 televisor
<i>Baños</i>	10 luces LED
<i>Fotocopiadora</i>	1 tubo fluorescente T8
<i>Cubículos (3)</i>	Cada uno cuenta con 1 luminaria (2 tubos fluorescentes T8 de 48")
<i>Educación Física</i>	1 luminaria (2 tubos fluorescentes T8 de 48" con difusor)
<i>Terapia de Lenguaje</i>	1 luminaria (2 tubos fluorescentes T8 de 48" con difusor)
<i>Educación Especial</i>	5 luminarias (2 tubos fluorescentes T8 de 48" con difusor) de los cuales 2 no funcionan.

Fuente: Elaboración propia

## Datos de consumo energético por iluminación

Tabla 24. Valores de potencia por recinto en la escuela de Loyola

<b>Recinto de la escuela</b>	<b>Potencia total (kWh)</b>
Aula 1	76.61
Aula 2	76.61
Aula 3	76.61
Aula 4	76.61
Aula 5	63.84
Aula 6	76.61
Aula 7	76.61
Aula 8	76.61
Aula 9	76.61
Aula 10	76.61
Aula 11	76.61
Aula 12	76.61
Aula 13	76.61
Aula 14	76.61
Pasillos	252.11
Laboratorio de Cómputo	192.32
Laboratorio de Robótica	127.68
PIAD	12.77
Escenario	210.00
Sala personal	67.03
Bodegas	25.54
Oficinas administrativas	38.30
Baños	14.70
Fotocopiadora	6.38
Cubículos (3)	38.30
Educación Física	12.77
Terapia de Lenguaje	12.77
Educación Especial	63.84
<b>TOTAL</b>	<b>2,134.25</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Valores de luminarias para la escuela de Loyola

Tipo de luminaria	Factor balastro	Potencia (W)	Horas de uso (promedio)
<b>T5</b>	0.95	28	7
<b>T8 48"</b>	0.95	32	7
<b>T8 96"</b>	0.95	59	7
<b>LED tubo</b>	-	18	7
<b>LED bombillo</b>	-	7	7
<b>HID</b>	-	250	7
<b>T12</b>	0.95	40	7

Fuente: Elaboración propia

## Datos de calidad en la iluminación

Tabla 26. Resultados de simulación de luminarias fluorescentes para un aula normal en la escuela de Loyola (DIALux)

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Plano útil	É	323 lx	≥ 300 lx	✓
	g <sub>1</sub>	0.00	-	-
Valores de consumo	Consumo	570 - 900 kWh/a	máx. 1900 kWh/a	✓
Potencia específica de conexión	Local	8.67 W/m <sup>2</sup>	-	-
		2.68 W/m <sup>2</sup> /100 lx	-	-

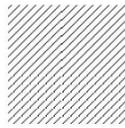
Perfil de uso: Instituciones de formación - Centros de formación, Salas de profesores

### Lista de luminarias

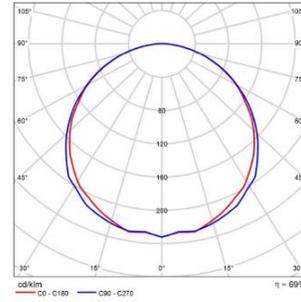
Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
6	HAVELLS SYLVANIA S.A.	UL 503 Plus EO 48 2 32W RA T8 Dif #4 2x4	DE EMPOTRAR/ILUMINACIÓN GENERAL	78.0 W	4005 lm	51.3 lm/W

Como se puede observar, en la escuela de Loyola no se cumplió con la norma, ya que se registró un promedio de 323 luxes en el aula.

Tabla 27. Información de luminaria fluorescente para un aula normal en la escuela de Loyola (DIALux)



N° de artículo	UL 503 Plus EO 48.2 32W RA T8 Dif #4 2x4
P	78.0 W
$\Phi$ Lámpara	5800 lm
$\Phi$ Luminaria	4005 lm
$\eta$	69.05 %
Rendimiento lumínico	51.3 lm/W
CCT	3000 K
CRI	100



CDL polar

Valoración de deslumbramiento según UGR													
		10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
p.Tiempo		20	30	50	50	20	50	20	50	20	50	20	
p.Ángulo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
p.Situación		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Temperatura del local		Máximo en el plano horizontal al esp. de lámpara						Máximo en el plano vertical al esp. de lámpara					
X	Y												
2H	2H	14.5	15.9	14.8	16.1	15.3	14.8	15.0	14.9	15.2	15.4	15.4	
2H	1H	17.4	16.4	17.0	17.9	16.2	17.5	16.5	17.7	16.0	16.7	16.0	
4H	1H	16.0	16.0	17.1	16.3	16.0	16.9	16.1	17.2	16.4	16.7	16.7	
4H	1/2H	18.4	17.7	18.7	18.0	18.2	17.4	18.5	17.8	18.3	18.1	18.1	
4H	1/3H	18.0	17.7	18.0	18.2	17.7	17.6	18.4	17.5	18.1	18.0	18.0	
12H	1/6H	17.6	18.6	16.0	18.5	18.3	17.7	18.7	18.0	19.0	18.4	18.4	
4H	2H	15.2	16.4	15.5	16.8	16.9	15.3	16.4	15.6	16.7	17.0	17.0	
2H	1/2H	18.0	17.4	18.4	18.7	17.1	18.1	17.5	18.4	18.8	18.8	18.8	
4H	1/3H	18.8	18.3	19.1	19.5	17.9	18.6	18.3	19.2	19.6	19.6	19.6	
4H	1/4H	18.5	18.9	19.7	20.1	18.4	18.4	19.0	19.4	20.0	20.0	20.0	
4H	1/5H	18.5	19.0	19.8	20.3	18.8	18.8	19.2	19.6	20.2	20.2	20.2	
12H	1/8H	18.9	18.8	19.3	20.0	20.4	18.9	19.4	19.4	20.0	20.0	20.0	
8H	4H	18.2	18.9	18.6	19.3	19.7	18.2	19.0	18.7	19.4	19.9	19.9	
8H	1/2H	19.6	19.4	20.0	20.5	19.0	19.6	19.5	20.1	20.5	20.5	20.5	
8H	1/3H	19.9	19.8	20.3	20.6	19.3	19.9	19.8	20.3	20.6	20.6	20.6	
12H	1/4H	19.3	20.0	20.0	21.0	19.6	20.0	20.1	20.5	21.0	21.0	21.0	
12H	4H	18.2	18.9	18.7	19.3	19.7	18.3	19.0	18.7	19.4	19.8	19.8	
8H	1/4H	19.1	19.6	19.5	20.1	20.0	19.1	19.7	19.6	20.1	20.4	20.4	
8H	1/4H	18.9	18.9	19.9	20.4	20.0	18.5	19.9	20.0	20.4	20.9	20.9	

Valoración de la molestia. Se recomienda para recomendación de nivel de luminancia.			
S < 1.000	+0.1 / -0.1	+0.1 / -0.1	+0.1 / -0.1
S = 1.000	+0.2 / -0.3	+0.2 / -0.3	+0.2 / -0.3
S > 2.000	+0.3 / -0.6	+0.3 / -0.6	+0.3 / -0.6

Tabla estándar		BR09	BR05
Índice de deslumbramiento		0.7	0.8

Índice de deslumbramiento calculado en relación a 8000h Flujo lumínico total

Diagrama UGR (SHR: 0.25)

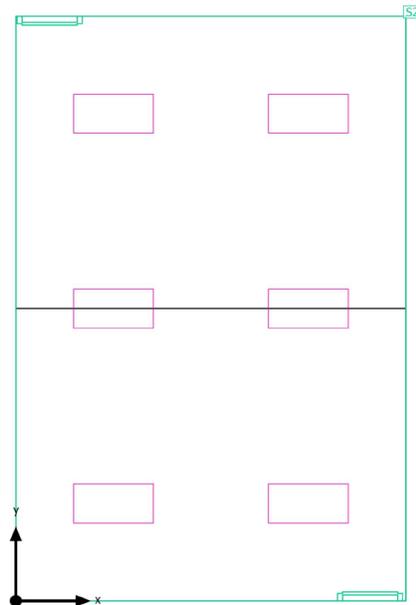


Figura 30. Distribución de luminarias fluorescentes en un aula normal en la escuela de Loyola (DIALux)

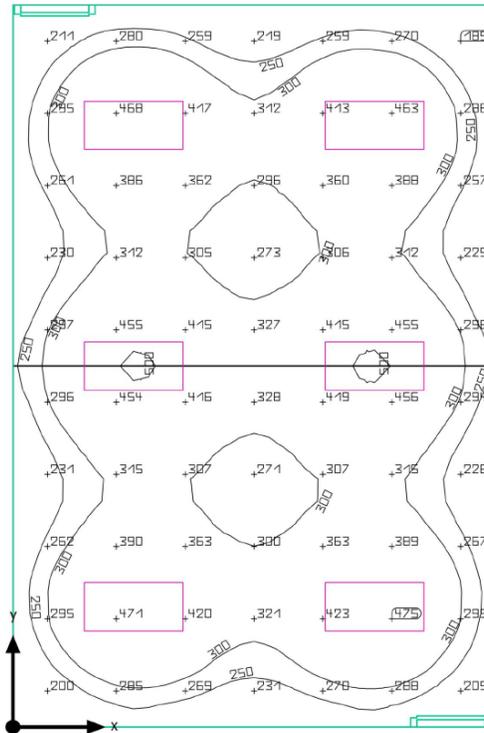


Figura 31. Distribución de luxes con luminarias fluorescentes en un aula normal en la escuela de Loyola (DIALux)

## Metas energéticas para la institución

Según todos los datos que se han observado hasta este momento, se pueden determinar que las USE's en Loyola más importantes son el consumo de electricidad generado por luminarias; en especial el de las aulas y el gasto de agua en los baños por el uso de orinales convencionales. El gasto de agua en comedor y áreas verdes no es un problema en el consumo, ya que se da poco del riego y, con respecto al comedor está siendo renovado durante la realización de este proyecto, por lo cual diseñar cambios no sería lo ideal. Por su parte, la iluminación, dado el uso de luminarias de tubos fluorescentes, se crea un consumo bastante alto de kWh en las aulas y en oficinas, este consumo es mayor en aulas, ya que son las que más hay en la institución. En esta

escuela no se tiene el inconveniente con las luces HID, pues en el escenario que se tiene en la institución se usan luces LED de alta potencia. Además, en uno de los pasillos hay dos luces de sodio, las cuales no son necesarias, por lo que se recomienda removerlas.

Dicho esto, se buscará disminuir el consumo de las luminarias mediante el cambio de fluorescente a LED y con el uso de sensores en las aulas para el control de las luces. Además, se busca la disminución en el consumo de agua por medio del remplazo de los orinales que se tienen actualmente, con orinales secos, tal como en la escuela anterior.

Las baterías de lavado de manos se mantendrán como están, ya que cuentan actualmente con llaves *push* economizadoras de agua, de hecho, fueron estas llaves en esta escuela y en Pitahaya, que mostraron la ventaja de usar este tipo de llaves sobre las convencionales.

## Posibles soluciones

### Consumo eléctrico por luminarias

Para la escuela de San Ignacio de Loyola, al igual que en la anterior, se selecciona la luminaria 503 LED 2x4 de 56 watts de Sylvania, la cual produce 6,520 lm y tiene una vida útil de 50,000 horas de uso. Una diferencia con la escuela de Pitahaya es que, en la escuela de Loyola, las luminarias actuales no cumplen con la norma INTECO de calidad de iluminación y no llega a 500 lx en las aulas, por lo cual se realiza una simulación con las nuevas luminarias para demostrar si estas cumplen con este requisito.

Tabla 28. Resultados de simulación de luminarias LED para un aula normal en la escuela de Loyola (DIALux)

### Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Plano útil	E	568 lx	≥ 300 lx	✓
	g <sub>1</sub>	0.00	-	-
Valores de consumo	Consumo	420 - 660 kWh/a	máx. 1900 kWh/a	✓
Potencia específica de conexión	Local	6.39 W/m <sup>2</sup>	-	-
		1.12 W/m <sup>2</sup> /100 lx	-	-

Perfil de uso: Instituciones de formación - Centros de formación, Salas de profesores

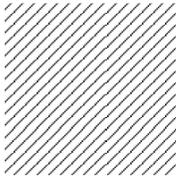
### Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
6	FEILO	UL 503 LED 2x4 4 6520lm 56W Dif 1 Emp TS	De Empotrar/ Iluminacion General	57.5 W	6524 lm	113.4 lm/W

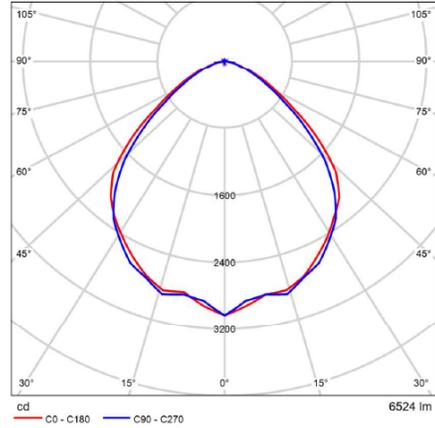
Como se puede observar en la tabla anterior, el promedio de lux en el aula es de aproximadamente 568 lx, lo cual indica que, con el cambio de luminarias, la escuela cumpliría con la norma INTECO de calidad de iluminación para aulas en centros educativos.

Tabla 29. Información de luminaria LED para un aula normal en la escuela de Loyola (DIALux)

FEILO De Empotrar/ Iluminacion General



N° de artículo	UL 503 LED 2x4 4 6520lm 56W Dif 1 Emp TS
P	57.5 W
$\Phi_{\text{Luminaria}}$	6524 lm
Rendimiento lumínico	113.4 lm/W
CCT	3000 K
CRI	100



CDL polar

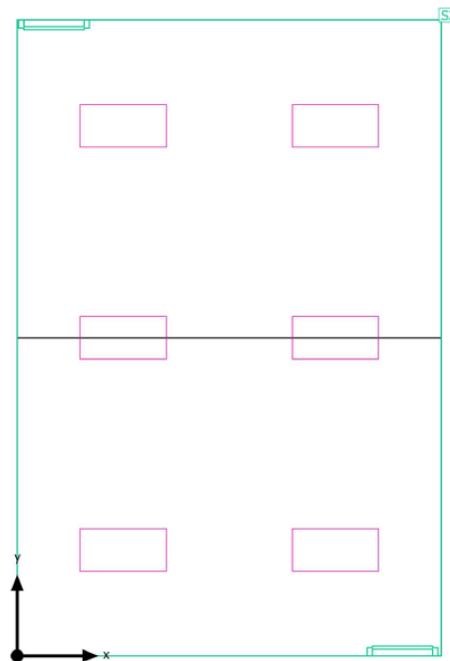


Figura 32. Distribución de luminarias LED en un aula normal en la escuela de Loyola (DIALux)

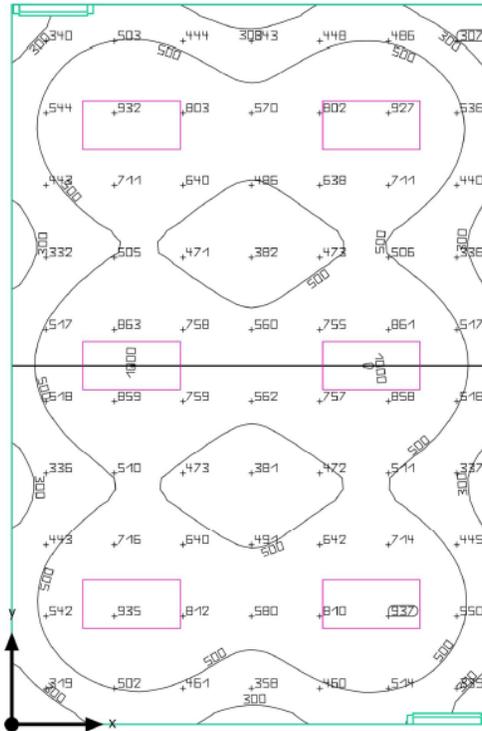


Figura 33. Distribución de luxes con luminarias LED en un aula normal en la escuela de Loyola (DIALux)

Tabla 30. Valores nuevos de potencia en la escuela de Loyola

<b>Recinto de la escuela</b>	<b>Potencia total (kWh)</b>
<i>Aula 1</i>	70.56
<i>Aula 2</i>	70.56
<i>Aula 3</i>	70.56
<i>Aula 4</i>	70.56
<i>Aula 5</i>	58.80
<i>Aula 6</i>	70.56
<i>Aula 7</i>	70.56
<i>Aula 8</i>	70.56
<i>Aula 9</i>	70.56
<i>Aula 10</i>	70.56
<i>Aula 11</i>	70.56
<i>Aula 12</i>	70.56
<i>Aula 13</i>	70.56
<i>Aula 14</i>	70.56
<i>Pasillos</i>	88.20

<i>Laboratorio de cómputo</i>	70.56
<i>Laboratorio de robótica</i>	70.56
<i>PIAD</i>	12.77
<i>Escenario</i>	210.00
<i>Sala personal</i>	67.03
<i>Bodegas</i>	25.54
<i>Oficinas administrativas</i>	38.30
<i>Baños</i>	14.70
<i>Fotocopiadora</i>	6.38
<i>Cubículos (3)</i>	38.30
<i>Educación física</i>	12.77
<i>Terapia de lenguaje</i>	12.77
<i>Educación especial</i>	63.84
<b>TOTAL</b>	<b>1,707.80</b>

Fuente: *Elaboración propia*

Al igual que en la escuela la Pitahaya, se recomendará el uso de sensores para el control de las luminarias, tanto en aulas como en oficinas administrativas en la institución. El modelo recomendado es también el MDC-50L de Eagle. Al igual que en Pitahaya, es la opción que brinda mejor calidad por el costo, otras opciones como LUTRON, ofrecían más tecnología y opciones, pero a un costo mucho más elevado.

### Consumo de agua por orinales convencionales

Nuevamente, la mejor opción para disminuir el consumo de agua en estos es la instalación de orinales secos, los cuales reducen el consumo de agua en un 100% como se mencionó anteriormente. Al igual que en la escuela anterior, la mejor opción para esta institución es el modelo MOJAVE TD2 de HELVEX, que cuenta con gran calidad y un precio más accesible a la institución. Otra ventaja de estos orinales es que su

mantenimiento es menor a los de los orinales regulares, ya que sus cápsulas solo necesitan mantenimiento cada cierto tiempo, y su vida útil es de 3 a 5 años.

### Análisis financiero de posibles soluciones

Nuevamente, al igual que en la escuela la Pitahaya, los precios de inversión se ven exentos de impuestos, debido a que las compras de activos son realizadas por las juntas de educación. Además, la mano de obra sobre cualquier instalación de equipos se realiza por el personal de mantenimiento de la escuela, por lo cual, no se agrega a las inversiones iniciales para el cálculo del ROI.

### Luminarias LED

Tabla 31. Análisis de ROI en cambio a luminarias LED en la escuela de Loyola

Año	Movimientos	Acumulado de ahorros	ROI estimado	Depreciación en horas al año	Vida útil restante en horas
0	(8,500,000.00)				50,000.00
1	₡399,515	₡399,515	-95.30%	2,100.00	47,900.00
2	₡399,515	₡799,031	-90.60%	2,100.00	45,800.00
3	₡399,515	₡1,198,546	-85.90%	2,100.00	43,700.00
4	₡399,515	₡1,598,062	-81.20%	2,100.00	41,600.00
5	₡399,515	₡1,997,577	-76.50%	2,100.00	39,500.00
6	₡399,515	₡2,397,093	-71.80%	2,100.00	37,400.00
7	₡399,515	₡2,796,608	-67.10%	2,100.00	35,300.00
8	₡399,515	₡3,196,123	-62.40%	2,100.00	33,200.00
9	₡399,515	₡3,595,639	-57.70%	2,100.00	31,100.00
10	₡399,515	₡3,995,154	-53.00%	2,100.00	29,000.00
11	₡399,515	₡4,394,670	-48.30%	2,100.00	26,900.00

12	₡399,515	₡4,794,185	-43.60%	2,100.00	24,800.00
13	₡399,515	₡5,193,700	-38.90%	2,100.00	22,700.00
14	₡399,515	₡5,593,216	-34.20%	2,100.00	20,600.00
15	₡399,515	₡5,992,731	-29.50%	2,100.00	18,500.00
16	₡399,515	₡6,392,247	-24.80%	2,100.00	16,400.00
17	₡399,515	₡6,791,762	-20.10%	2,100.00	14,300.00
18	₡399,515	₡7,191,278	-15.40%	2,100.00	12,200.00
19	₡399,515	₡7,590,793	-10.70%	2,100.00	10,100.00
20	₡399,515	₡7,990,308	-6.00%	2,100.00	8,000.00
21	₡399,515	₡8,389,824	-1.30%	2,100.00	5,900.00
<b>22</b>	<b>₡399,515</b>	<b>₡8,789,339</b>	<b>3.40%</b>	<b>2,100.00</b>	<b>3,800.00</b>
23	₡399,515	₡9,188,855	8.10%	2,100.00	1,700.00

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior demuestra como el cambio de luminarias fluorescentes a LED es rentable para la organización, dado que la inversión inicial se estará pagando en el vigésimo segundo año. La inversión inicial se calcula en ₡8,500,000, ya que se toma que se necesitarán 100 luminarias nuevas para las aulas, pasillos y laboratorios, que actualmente cuentan con luminarias fluorescente; y el precio por unidad es de ₡85,000. El ahorro anual en la escuela de Loyola es de ₡399,515. Si bien es cierto que según estos cálculos se ve que el proyecto genera ganancias hasta casi el final de la vida útil de las luminarias, también hay que destacar que los días de uso aproximado de 300 es una cifra bastante alta, esto para considerar cualquier día extracurricular en donde se puedan usar las luminarias, el valor real ciertamente es menor, por lo cual, es muy probable que el proyecto generaría ganancia antes de lo calculado.

## Sensores dual

Tabla 32. Análisis de ROI en instalación de sensores dual en la escuela de Loyola

Año	Movimientos	Acumulado de ahorros	ROI estimado
0	488,308.00		
1	₡80,583	₡80,583	-83.50%
2	₡80,583	₡161,166	-66.99%
3	₡80,583	₡241,750	-50.49%
4	₡80,583	₡322,333	-33.99%
5	₡80,583	₡402,916	-17.49%
6	₡80,583	₡483,499	-0.98%
7	<b>₡80,583</b>	<b>₡564,083</b>	<b>15.52%</b>
8	₡80,583	₡644,666	32.02%
9	₡80,583	₡725,249	48.52%
10	₡80,583	₡805,832	65.03%

Fuente: Elaboración propia

Para calcular el retorno de inversión de estos sensores se usó el mismo caso hipotético que en la escuela anterior. Tomando una inversión inicial de ₡488,308.00 y promediando el consumo de kWh en 48 horas de un aula en 16.128 kWh y en una oficina de 10.752 kWh, se puede decir que, al año, por estos los acontecimientos del caso hipotético, se gastarían ₡80,583 anuales; que no se gastarían con los sensores en uso. Este proyecto sería rentable se estaría pagando sólo en el séptimo año.

## Orinales secos

Tabla 33. Análisis de ROI en cambio a orinales secos en la escuela de Loyola

Año	Movimientos	Acumulado de ahorros	ROI estimado
0	(720,711.60)		
1	₡42,919	₡42,919	-94.04%
2	₡42,919	₡85,838	-88.09%
3	₡42,919	₡128,758	-82.13%
4	₡42,919	₡171,677	-76.18%
5	₡42,919	₡214,596	-70.22%
6	₡42,919	₡257,515	-64.27%
7	₡42,919	₡300,435	-58.31%
8	₡42,919	₡343,354	-52.36%
9	₡42,919	₡386,273	-46.40%
10	₡42,919	₡429,192	-40.45%
11	₡42,919	₡472,111	-34.49%
12	₡42,919	₡515,031	-28.54%
13	₡42,919	₡557,950	-22.58%
14	₡42,919	₡600,869	-16.63%
15	₡42,919	₡643,788	-10.67%
16	₡42,919	₡686,708	-4.72%
<b>17</b>	<b>₡42,919</b>	<b>₡729,627</b>	<b>1.24%</b>
18	₡42,919	₡772,546	7.19%
19	₡42,919	₡815,465	13.15%
20	₡42,919	₡858,384	19.10%
21	₡42,919	₡901,304	25.06%
22	₡42,919	₡944,223	31.01%
23	₡42,919	₡987,142	36.97%
24	₡42,919	₡1,030,061	42.92%
25	₡42,919	₡1,072,981	48.88%

Fuente: Elaboración propia

En esta escuela, el precio por consumo de agua por descargas en orinales convencionales es de aproximadamente ₡42,919, el consumo es mayor, esto ya que la escuela de Loyola cuenta con mayor cantidad de estudiantes. Este dato se toma nuevamente como el ahorro anual por el cambio a orinales secos. La inversión inicial es la misma, ₡720,711.60, dado que también se necesitaran 6 orinales. Se puede concluir que este proyecto es rentable y que se paga en el décimo séptimo año.

## Plan de acción en la escuela de San Ignacio de Loyola

Dado todo lo mostrado en este capítulo, se recomiendan realizar las siguientes acciones:

- Pasar de luminarias de tubos fluorescentes en oficinas y aulas a luminarias LED de bajo consumo. El modelo recomendado es el 503 LED de Sylvania 2x4 de 56 W Y 6,520 lm, con el fin de reducir el consumo de kWh por iluminación en estos recintos de la institución, sin comprometer la calidad de la iluminación.
- Colocar sensores dual en las aulas, y seleccionar el modelo propuesto de la marca Eagle MDC-50L, esto para prevenir circunstancias en donde las luminarias de las aulas u oficinas puedan quedar encendidas después de las lecciones, evitando desperdicios de electricidad.
- Reemplazar los orinales convencionales de consumo regular en los baños de hombres, por orinales secos. El modelo recomendando MOJAVE TD2 de Helvex, el cual requiere de menos mantenimiento y menos repuestos al no utilizar sistemas de drenaje con gel.
- En el caso de planear instalar más baterías de lavado de manos en la escuela, continuar con el uso de llaves con sistemas de *push*, o con sistema de pedal, los cuales son más eficientes que las llaves comunes.
- Si se da un cambio en los equipos de aire acondicionado que sea de tipo *inverter*, el cual es un tipo de aire acondicionado que regula la velocidad del compresor,

con el fin de evitar gastos innecesarios y alargar la vida del compresor; además de que se puede generar un ahorro de hasta el 50 % dependiendo de su uso.

- Involucrar a todos los empleados de la escuela y concientizarlos sobre la importancia del ahorro de energía, enfatizando el buen manejo de los equipos, su correcto mantenimiento y la buena práctica con los equipos en función de la importancia económica y ambiental del ahorro de energía.
- Con respecto a los estudiantes, se recomienda colocar señales visuales, ya sea en aulas o pasillos que recuerden la importancia del buen uso de los equipos y del ahorro de energía como aliados del medio ambiente y de la economía de la escuela.
- Dar pequeñas charlas, si es posible, a los estudiantes sobre el ahorro de energía y su efecto en el medio ambiente y en la economía, además de cómo esto afecta sus vidas cotidianas.
- Proveer de un buen mantenimiento a los equipos, ya que la vida de útil de estos se verá afectada según el mantenimiento y buen uso que se les dé.

## Capítulo 3. Escuela Domingo Faustino Sarmiento

### Estado general

La escuela Domingo Faustino Sarmiento es la más antigua de las tres escuelas del proyecto, ya que abrió en 1886. Lamentablemente, el paso del tiempo se nota en varias partes de sus instalaciones; sin embargo, de las tres escuelas, es la que más utiliza iluminación por medio de luces LED. Si bien es cierto el cambio al uso de luces LED en lugar de tubos fluorescentes es bienvenido, se evidencia que también la escuela tiene fallos muy importantes en su diseño, los cuales son importantes destacar.

Las aulas de la escuela Domingo Faustino no tienen una distribución uniforme con lo que respecta a iluminación, esto debido a que en muchas aulas faltan luminarias por instalar, o las que hay no funcionan. No obstante, una mayoría cuenta con 4 tubos ya sea LED, fluorescentes T8, una combinación de estos, o en algunos casos bombillas LED. Si bien es cierto la cantidad de luminarias LED provoca que se gaste menos en electricidad, la cantidad de estos no suplementa una cantidad de iluminación necesaria para las lecciones según la norma INTECO INTE-31-08-06-2000, pero esto se aborda con más detalle más adelante.

Como se mencionó, en los laboratorios de cómputo de las escuelas anteriores, el difusor en las luminarias es importante, ya que brinda seguridad en caso de que un tubo fluorescente, o en caso de esta escuela, LED, se cayera. En la escuela Domingo Faustino, este problema es aún mayor, ya que se presente no solo en los laboratorios, sino en las aulas, y oficinas también.



*Figura 34. Aula regular de la escuela Domingo Faustino  
Fuente: Tomada por el investigador*

Un problema muy grande que tiene la escuela es en los baños, específicamente en los baños de hombres, ya que estos no cuentan con orinales regulares, como las otras dos escuelas previamente mostradas; más bien, la escuela cuenta con un sistema de orinal con una canoa con agujeros, conectada a una salida de agua, la cual constantemente está abierta. Este sistema no solamente es mucho menos higiénico que los orinales individuales, sino que desperdicia muchísima agua, ya que, como se mencionó, a la hora de las visitas a la escuela, la salida de agua siempre permanece abierta, incluso terminada la jornada lectiva del día. Este sistema se encontró en todos los baños de hombre de la institución (3). Otro problema en los baños es la iluminación, ya que en estos se utiliza bombillos incandescentes.



*Figura 35. Baño de la escuela Domingo Faustino  
Fuente: Tomada por el investigador*



*Figura 36. Baño del gimnasio de la escuela Domingo Faustino  
Fuente: Tomada por el investigador*

El comedor se encontraba en buenas condiciones, tanto en equipo como en iluminación, ya que contaba con 4 LED y el equipo es potenciado en su mayoría por gas LP. Un problema que se encontró con las visitas es con la instalación del tanque de gas, ya que se encuentra en medio de un pasillo, ósea muy expuesto a los estudiantes, y si bien es cierto está encerrado, en caso de una emergencia no hay fácil acceso ya que al frente del mismo se colocan bolsas de basura entre otros.



Figura 37. Tanque de gas de la escuela Domingo Faustino  
Fuente: Tomada por el investigador

En el laboratorio de cómputo se encuentra un sistema de aire acondicionado de marca COMFORSTAR, en el que se puede ver con facilidad los datos de placa. Se cuenta 9 luminarias de 2 tubos fluorescentes T8. Al igual que en las otras escuelas, estos fluorescentes no cuentan con difusor, lo cual es peligroso ya que no se tiene protección en caso de que el tubo se fuese a caer.



Figura 38. Aire acondicionado del laboratorio de cómputo de la escuela Domingo Faustino  
Fuente: Tomada por el investigador



Figura 39. Datos de placa del aire acondicionado del laboratorio de cómputo  
Fuente: Tomada por el investigador

En la escuela, se encuentran este tipo de lavatorios con válvulas *push* en varios pasillos y al frente del comedor institucional, pero a diferencia de las otras escuelas que cuenta con lavatorios similares, la presión de agua es muy alta, lo que provoca un desperdicio innecesario de agua. En el lavatorio de comedor, el tiempo con el que el sale después de empujar la llave es bastante amplio, que también genera desperdicio.



Figura 40. Batería para lavado de manos #1 en escuela Domingo Faustino  
Fuente: Tomada por el investigador



Figura 41. Batería para lavado de manos #2 en escuela Domingo Faustino  
Fuente: Tomada por el investigador

El gimnasio institucional se ilumina con luces HID, las cuales consumen bastante electricidad en comparación con otro tipo de iluminación para este tipo de instalaciones, por ejemplo, luces LED. En el gimnasio se encuentran dos baños, uno para niñas y el otro para niños. El de niños, como se observa en la figura 36, también cuenta con el sistema de canoa que genera un desperdicio de agua grave.



Figura 42. Luces HID del gimnasio de la escuela Domingo Faustino  
Fuente: Tomada por el investigador

Tabla 34. Lista de equipos en la escuela Domingo Faustino

<b><u>Recinto</u></b>	<b><u>Equipos</u></b>
<i>Orientación</i>	1 computadora, 1 tubo LED
<i>terapia de</i>	1 proyector, 1 tubo LED
<i>lenguaje</i>	
<i>Baños (3)</i>	2 bombillas LED, 3 bombillas incandescentes, de las cuales una no funciona
<i>Aula 1</i>	6 bombillos LED (2 no funcionan), 2 tubos LED, 1 proyector, 1 televisor
<i>Aula 2</i>	3 tubos LED y 1 proyector
<i>Aula 3</i>	2 tubos LED, 2 tubos fluorescentes T8 DE 96", 1 proyector
<i>Aula 4</i>	2 tubos LED, 2 luces LED, 1 proyector
<i>Aula 5</i>	2 tubos fluorescentes T12, 2 luces LED, 1 proyector
<i>Aula 6</i>	2 luces LED, 1 tubo fluorescente T12(no funciona), 1 proyector
<i>Aula 7</i>	2 luces LED, 1 proyector
<i>Aula 8</i>	2 luces LED, 2 tubos fluorescentes T12, 1 proyector
<i>Aula 9</i>	4 tubos fluorescentes T8, 1 proyector
<i>Aula 10</i>	4 tubos fluorescentes T8, 1 proyector
<i>Aula 11</i>	3 tubos LED, 1 proyector
<i>Aula 12</i>	4 tubos fluorescentes T8
<i>Aula 13</i>	2 tubos LED, 1 luz incandescente y 1 luz LED que no funcionan, 1 proyector
<i>Aula 14</i>	2 tubos LED, 1 luz incandescente y 1 luz LED que no funciona, 1 proyector
<i>Aula 15</i>	2 tubos LED, 1 luz incandescente y 1 luz LED que no funciona, 1 proyector
<i>Aula 16</i>	2 tubos LED, 2 luces LED, 1 proyector
<i>Aula 17</i>	4 tubos LED, 1 proyector
<i>Aula 18</i>	4 tubos LED, 1 televisor

<i>Aula 19</i>	4 tubos LED, de las cuales 1 no funciona, 1 televisor, 1 computadora
<i>Aula 20</i>	2 luminarias (3 luces incandescentes y un abanico), 1 televisor, 1 tubo LED, 1 proyector
<i>Aula de apoyo fijo</i>	1 tubo LED
<i>Pasillos</i>	7 tubos LED, 5 luces incandescentes, dos luces HID de sodio
<i>Laboratorio de cómputo</i>	23 computadoras, 1 proyector, 1 televisor, 1 aire acondicionado, 9 luminarias (2 tubos fluorescentes T8)
<i>Gimnasio</i>	6 luces HID, 3 luces LED, 1 luz incandescente
<i>Sala personal</i>	2 tubos LED, 1 televisor
<i>Comedor</i>	4 tubos LED, 1 baño maría, 1 congelador, 1 mantenedor, 1 cocina de gas, 2 ollas arroceras, 1 plancha
<i>Biblioteca</i>	2 tubos LED, 1 televisor
<i>Fotocopiadora</i>	1 tubo LED
<i>Aula hogar</i>	1 tubo LED, 2 abanicos
<i>Aula artes industriales</i>	1 tubo LED, 2 abanicos
<i>Oficinas</i>	4 bombillas LED, 2 tubos LED, 3 computadoras, 1 televisor

## Datos de consumo energético por iluminación

Tabla 35. Valores de potencia mensual por recinto en la escuela Domingo Faustino

<b>Recinto de la escuela</b>	<b>Potencia total (kWh)</b>
<i>Orientación</i>	2.70
<i>Terapia de Lenguaje</i>	2.70
<i>Baños (3)</i>	20.10
<i>Aula 1</i>	9.60
<i>Aula 2</i>	8.10
<i>Aula 3</i>	22.22
<i>Aula 4</i>	7.50
<i>Aula 5</i>	13.50
<i>Aula 6</i>	7.80
<i>Aula 7</i>	2.10
<i>Aula 8</i>	13.50
<i>Aula 9</i>	33.63
<i>Aula 10</i>	33.63
<i>Aula 11</i>	8.10
<i>Aula 12</i>	33.63

Aula 13	5.40
Aula 14	14.40
Aula 15	14.40
Aula 16	7.50
Aula 17	10.80
Aula 18	10.80
Aula 19	8.10
Aula 20	54.00
Aula apoyo fijo	2.70
Pasillos	138.90
Laboratorio de cómputo	151.34
Gimnasio	237.15
Sala personal	5.40
Comedor	10.80
Biblioteca	5.40
Fotocopiadora	2.70
aula hogar	2.70
Aula artes industriales	2.70
Oficinas	9.60
<b>TOTAL</b>	<b>913.59</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36. Valores de luminarias para la escuela Domingo Faustino

Tipo de luminaria	Factor balastro	Potencia(kWh)	Horas de uso (promedio)
<b>T5</b>	0.95	28	5
<b>T8 48"</b>	0.95	32	5
<b>T8 96"</b>	0.95	59	5
<b>LED tubo</b>	-	18	5
<b>LED bombillo</b>	-	7	5
<b>HID</b>	-	250	5
<b>T12</b>	0.95	40	5

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, en la tabla 36, los valores de horas promedio de uso de luminarias en la escuela Domingo Faustino son menores a las mostradas en las otras dos escuelas, esto se debe a que en la escuela Domingo Faustino, las lecciones terminan

más temprano que en Loyola y en Pitahaya. Finalizan a las 3:00 p.m. en lugar de la hora de salida regular, a las 5:40 p.m.

## Datos de calidad en la iluminación

Tabla 37. Resultados de simulación de DIALux para un aula normal en la escuela Domingo Faustino (DIALux)

### Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Plano útil	E	282 lx	≥ 300 lx	✗
	g <sub>r</sub>	0.00	-	-
Valores de consumo	Consumo	690 - 850 kWh/a	máx. 1900 kWh/a	✓
Potencia específica de conexión	Local	8.15 W/m <sup>2</sup>	-	-
		2.89 W/m <sup>2</sup> /100 lx	-	-

Perfil de uso: Instituciones de formación - Centros de formación, Salas de profesores

### Lista de luminarias

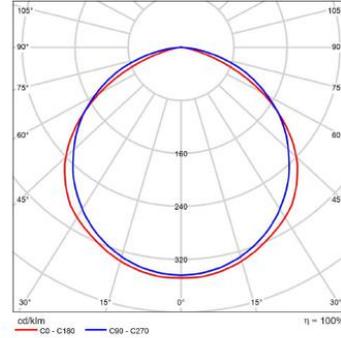
Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
4	SYLVANIA	0045201 + 0045233	SYLBATTEN LED5.5 NW TP4 E3 + SYLBATTEN SYMMETRIC REFLECTOR 1200	110.0 W	5517 lm	50.2 lm/W

En la escuela Domingo Faustino tampoco se cumplió con la norma INTECO del mínimo de 500 luxes.

Tabla 38. Información de luminaria para un aula normal en la escuela Domingo Faustino (DIALux)

SYLVANIA SYLBATTEN LED5.5 NW TP4 E3 + SYLBATTEN SYMMETRIC REFLECTOR 1200

Emisión de luz	2
Lámpara	1x SYLBATTEN SYMMETRIC REFLECTOR 1200
P	55.0 W
ΦLámpara	425 lm
ΦLuminaria	425 lm
η	100.00 %
Rendimiento lumínico	7.7 lm/W
CCT	4000 K
CRI	80



CDL polar

Valoración de deslumbramiento según UGR													
α	Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	30	
β	Paralelos	50	30	50	30	30	50	30	50	30	50	30	
β	Oblic	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Dimensión del local		Medido en perpendicular al eje de lámpara						Medido longitudinalmente al eje de lámpara					
X	Y												
2H	2H	12.8	14.2	15.1	14.4	14.7	13.0	14.3	15.3	14.6	14.8	14.8	
	3H	13.8	15.0	14.2	15.3	15.6	14.6	15.9	14.9	16.1	16.4	16.4	
	4H	14.0	15.2	14.4	15.5	15.8	15.2	16.4	15.8	16.7	17.0	17.0	
	6H	14.1	15.2	14.4	15.5	15.8	15.6	16.7	16.0	17.0	17.3	17.3	
4H	2H	14.1	15.1	14.5	15.4	15.9	15.7	16.8	16.1	17.1	17.4	17.4	
	3H	14.1	15.1	14.4	15.4	15.7	15.8	16.9	16.2	17.1	17.4	17.4	
	4H	13.5	14.7	13.9	15.0	15.3	13.7	14.9	14.0	15.1	15.4	15.4	
	6H	14.7	15.6	15.1	16.0	16.3	15.5	16.5	16.0	16.9	17.2	17.2	
6H	2H	14.9	15.8	15.4	16.2	16.6	16.3	17.2	16.7	17.5	17.9	17.9	
	3H	15.1	15.9	15.5	16.2	16.6	16.6	17.5	17.3	18.0	18.4	18.4	
	4H	15.1	15.8	15.5	16.2	16.6	17.0	17.7	17.4	18.1	18.5	18.5	
	6H	15.1	15.7	15.3	16.1	16.6	17.1	17.7	17.5	18.1	18.6	18.6	
8H	2H	15.2	15.9	15.7	16.3	16.8	16.4	17.2	16.9	17.6	18.0	18.0	
	3H	15.4	16.0	15.8	16.4	16.9	17.1	17.7	17.6	18.1	18.6	18.6	
	4H	15.4	15.9	15.9	16.4	16.9	17.3	17.9	17.8	18.3	18.8	18.8	
	6H	15.4	15.9	15.9	16.4	16.9	17.3	17.9	17.8	18.3	18.8	18.8	
12H	2H	15.4	15.9	15.9	16.4	16.9	17.3	17.9	17.8	18.3	18.8	18.8	
	3H	15.2	15.9	15.7	16.3	16.8	16.4	17.1	16.9	17.5	17.9	17.9	
	4H	15.4	15.9	15.9	16.4	16.9	17.1	17.6	17.6	18.1	18.6	18.6	
	6H	15.5	15.9	16.0	16.4	16.9	17.4	17.8	17.9	18.3	18.8	18.8	

Variación de la posición del excentrador para instalaciones S entre luminarias		
S = 1.0m	+0.1 / -0.2	+0.1 / -0.1
S = 1.5m	+0.4 / -0.6	+0.3 / -0.4
S = 2.0m	+0.8 / -1.2	+0.5 / -0.8

Tamaño estándar	BR01	BR06
Sumario de conexión	-2.4	0.2

Índice de deslumbramiento corregido en relación a 425lm Flujo luminoso total

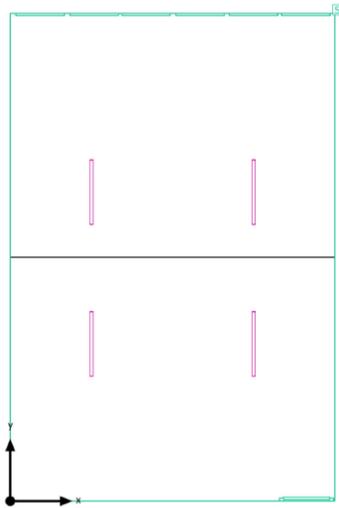


Figura 43. Distribución de luminarias en un aula normal en la escuela Domingo Faustino (DIALux)

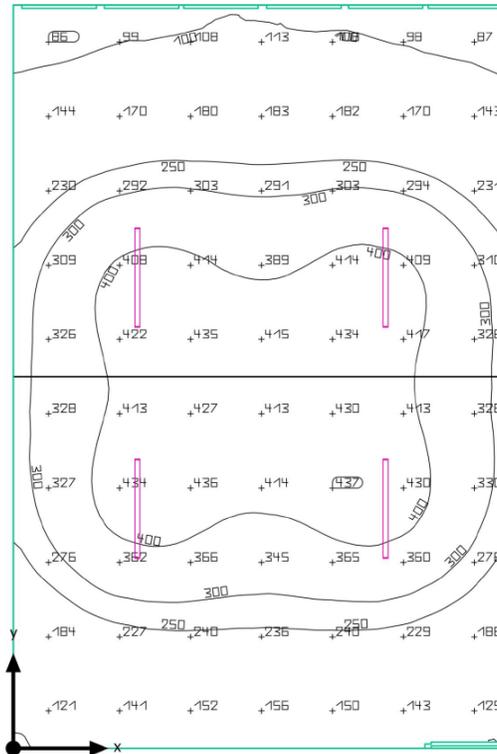


Figura 44. Distribución de luxes en un aula normal en la escuela de Domingo Faustino (DIALux)

## Metas energéticas para la institución

Según lo dicho en este capítulo hasta el momento, se puede determinar que una de las USE's en la escuela Domingo Faustino es el consumo de agua. El problema mayor se da en los baños de hombres, donde se tiene un baño tipo orinal de una canoa con agujeros conectada a una salida de agua. Esto no solo genera un gran consumo de agua, sino que es un tipo de baño que no debería mostrarse en una escuela pública, tanto por la falta de higiene como por el consumo que genera. Otro aspecto a destacar es que en las baterías de lavado de manos que se tienen, una de estas tiene llaves regulares, las cuales no son ideales, y la otra sí posee uno más óptimo, un sistema de llaves *push*. Lastimosamente, existen inconvenientes con estas, ya que el tiempo en que estas se

accionan al empujar el botón es bastante alto. En general, debería de ser de entre 7 a 9 segundos, pero estas llaves duran muchísimo más, aproximadamente 20 segundos, lo cual genera un consumo innecesario de agua. El gasto de agua en el comedor no genera inconvenientes, ya que cuenta con equipo especializado, lo cual evita desperdicio. Dados estos problemas, se buscara cambiar los baños actuales con orinales secos, los cuales no solo son mejores que el sistema actual, sino que reducen en un 100 % el consumo de agua. Con respecto a las llaves, se buscar reemplazar las actuales con llaves *push* de buena calidad, que proporcionen un caudal apropiado, en un tiempo adecuado.

Por su parte, en la iluminación, dado el uso de tubos y bombillas LED, se tiene un consumo bastante bajo de kWh en las aulas y en oficinas, esto en comparación con las otras escuelas, el problema con la iluminación en la escuela es más bien con la calidad de esta, esto se abarca más adelante. En esta escuela se tiene un inconveniente con las luces HID en el gimnasio de la institución, las cuales generan un consumo bastante alto, de aproximadamente 225 kWh. Dicho esto, se buscará disminuir el consumo de las dichas luminarias mediante el cambio de HID a LED de alta potencia y además analizar si el uso de sensores en las aulas para el control de las luces es conveniente.

## Posibles soluciones

### Consumo eléctrico de luminarias y luces HID

Para la escuela Domingo Faustino, con respecto a las luminarias en aulas y oficinas, la recomendación de cambio a luminaria 503 LED 2x4 de 56 watts de Sylvania se realizará no como una estrategia para reducir el consumo de la factura de electricidad, sino para mejorar la calidad de la iluminación en las aulas y oficinas. Esto se debe a que en la escuela, ya cuenta con basta iluminación LED, en la mayoría de aulas se pueden encontrar tubos o bombillas LED, que hacen que el consumo energético por electricidad no sea tan alto. Sin embargo las luminarias que se encuentran actualmente no cumplen con la norma INTECO de calidad de iluminación. Un cambio a las luminarias recomendadas no generaría ganancia por lo citado anteriormente, pero haría que la escuela cumpliera con la norma, por lo cual se dice que ese cambio es opcional dependiendo los objetivos con que cuente la institución.

Un cambio que sí generaría ingresos es en el gimnasio de la escuela, el cual cuenta con luminarias HID, que producen un gran consumo de kWh. Para disminuir este consumo, se busca reemplazar dichas luces con LED de alta intensidad de 100 W OSRAM, las cuales reducirían el consumo y proveerían de una iluminación de mejor calidad. La diferencia que genera el uso de estas luces LED de alta potencia desenvoca en un ahorro de 135 kWh mensuales. También se tienen un par de luces de sodio en los pasillos, las cuales se recomienda remover.

Tabla 39. Valores nuevos de potencia mensual por recinto en la escuela Domingo Faustino

<b>Recinto de la escuela</b>	<b>Potencia total (kWh)</b>
Orientación	2.70
Terapia de Lenguaje	2.70
Baños (3)	20.10
Aula 1	9.60
Aula 2	8.10
Aula 3	22.22
Aula 4	7.50
Aula 5	13.50
Aula 6	7.80
Aula 7	2.10
Aula 8	13.50
Aula 9	33.63
Aula 10	33.63
Aula 11	8.10
Aula 12	33.63
Aula 13	5.40
Aula 14	14.40
Aula 15	14.40
Aula 16	7.50
Aula 17	10.80
Aula 18	10.80
Aula 19	8.10
Aula 20	54.00
Aula Apoyo fijo	2.70
Pasillos	63.90
Laboratorio de cómputo	151.34
Gimnasio	102.15
Sala personal	5.40
Comedor	10.80
Biblioteca	5.40
Fotocopiadora	2.70
Aula Hogar	2.70
Aula artes industriales	2.70
Oficinas	9.60
<b>TOTAL</b>	<b>703.59</b>

Al igual que en las dos escuelas anteriores, se recomienda el uso de sensores para el control de las luminarias, tanto en aulas como en oficinas administrativas en la institución. El modelo recomendado es también el MDC-50L de Eagle.

### Consumo de agua en baños de hombres y llaves en baterías de lavado de manos

En la escuela Domingo Faustino mencionamos que el inconveniente más importante son los baños de hombres, en especial con sus orinales, por lo cual una solución para este problema es primordial. Para comprobar cuánto es el consumo de agua en estos baños, se procedió a medir la cantidad de agua que salía de estas llaves por cada agujero de la canoa por minuto, luego se multiplica por la cantidad de agujeros para conocer el caudal por minuto. Aplicando este método para los tres baños se obtuvo que el consumo de agua por estos baños es de 49.34 m<sup>3</sup> anuales.

Como en las escuelas anteriores, la mejor opción es la instalación de orinales secos, los cuales reducen el consumo de agua en un 100 % como se mencionó anteriormente. También se hace la recomendación de instalar orinales secos modelo MOJAVE TD2 de HELVEX, de los cuales ya se mencionó en las escuelas anteriores porque son una de las mejores opciones en el mercado.

### **Análisis financiero de posibles soluciones**

#### Luminarias LED, y LED's de alta potencia

Tabla 40. Análisis de ROI para cambio de luces HID a LED de alta potencia en la escuela Domingo Faustino

Año	Movimientos	Acumulado de ahorros	ROI estimado	Depreciación en horas al año	Vida útil restante en horas
0	(259,200.00)				25,000.00
1	¢105,395	¢105,395	-59.34%	1,500.00	23,500.00

2	₡105,395	₡210,789	-18.68%	1,500.00	22,000.00
<b>3</b>	<b>₡105,395</b>	<b>₡316,184</b>	<b>21.98%</b>	<b>1,500.00</b>	<b>20,500.00</b>
4	₡105,395	₡421,578	62.65%	1,500.00	19,000.00
5	₡105,395	₡526,973	103.31%	1,500.00	17,500.00
6	₡105,395	₡632,367	143.97%	1,500.00	16,000.00
7	₡105,395	₡737,762	184.63%	1,500.00	14,500.00
8	₡105,395	₡843,156	225.29%	1,500.00	13,000.00
9	₡105,395	₡948,551	265.95%	1,500.00	11,500.00
10	₡105,395	₡1,053,945	306.61%	1,500.00	10,000.00
11	₡105,395	₡1,159,340	347.28%	1,500.00	8,500.00
12	₡105,395	₡1,264,734	387.94%	1,500.00	7,000.00
13	₡105,395	₡1,370,129	428.60%	1,500.00	5,500.00
14	₡105,395	₡1,475,523	469.26%	1,500.00	4,000.00
15	₡105,395	₡1,580,918	509.92%	1,500.00	2,500.00
16	₡105,395	₡1,686,312	550.58%	1,500.00	1,000.00

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla anterior, si se toma un ahorro anual de ₡105,395 por el uso de las luces LED de alta potencia en el gimnasio de la institución, se puede concluir que el cambio a esta nueva tecnología es rentable, ya que se paga al tercer año.

### Sensores Dual

Tabla 41. Análisis de ROI para instalación de sensores dual en la escuela Domingo Faustino

Año	Movimientos	Acumulado de ahorros	ROI estimado
0	718,100.00		
1	₡29,679	₡29,679	-95.87%
2	₡29,679	₡59,358	-91.73%
3	₡29,679	₡89,037	-87.60%
4	₡29,679	₡118,716	-83.47%
5	₡29,679	₡148,395	-79.33%
6	₡29,679	₡178,075	-75.20%
7	₡29,679	₡207,754	-71.07%
8	₡29,679	₡237,433	-66.94%
9	₡29,679	₡267,112	-62.80%
10	₡29,679	₡296,791	-58.67%

Fuente: Elaboración propia

Para calcular el retorno de inversión de estos sensores, nuevamente se usará el mismo caso hipotético que en las escuelas anteriores. Tomando una inversión inicial de ₡718,100 y promediando el consumo de kWh en 48 horas de un aula en 3.456 kWh y en una oficina de 5.184 kWh, se puede decir que, al año, por estos los acontecimientos del caso hipotético, se gastarían ₡29,679 anuales; los cuales no se gastarían con los sensores en uso. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, el consumo de electricidad en esta escuela no es muy elevado por el uso de LED, y la poca cantidad de estos, lo cual provoca que el uso de los sensores en esta escuela no sea rentable. Como se mencionó anteriormente, si la escuela decide realizar la inversión para el mejoramiento de la calidad de la iluminación mediante la instalación de luminarias 503 LED, se deberá realizar este cálculo de nuevo, para cerciorarse que los sensores aun no sean rentables.

## Orinales secos

Tabla 42. Análisis de ROI para instalación de orinales secos en la escuela Domingo Faustino

<b>Año</b>	<b>Movimientos</b>	<b>Acumulado de ahorros</b>	<b>ROI estimado</b>
0	(720,711.60)		
1	₡49,550	₡49,550	-93.12%
2	₡49,550	₡99,100	-86.25%
3	₡49,550	₡148,649	-79.37%
4	₡49,550	₡198,199	-72.50%
5	₡49,550	₡247,749	-65.62%
6	₡49,550	₡297,299	-58.75%
7	₡49,550	₡346,849	-51.87%
8	₡49,550	₡396,398	-45.00%
9	₡49,550	₡445,948	-38.12%
10	₡49,550	₡495,498	-31.25%
11	₡49,550	₡545,048	-24.37%
12	₡49,550	₡594,598	-17.50%
13	₡49,550	₡644,147	-10.62%

14	₡49,550	₡693,697	-3.75%
<b>15</b>	<b>₡49,550</b>	<b>₡743,247</b>	<b>3.13%</b>
16	₡49,550	₡792,797	10.00%
17	₡49,550	₡842,347	16.88%
18	₡49,550	₡891,896	23.75%
19	₡49,550	₡941,446	30.63%
20	₡49,550	₡990,996	37.50%
21	₡49,550	₡1,040,546	44.38%
22	₡49,550	₡1,090,095	51.25%
23	₡49,550	₡1,139,645	58.13%
24	₡49,550	₡1,189,195	65.00%
25	₡49,550	₡1,238,745	71.88%

Fuente: Elaboración propia

En esta escuela, el precio por consumo de agua en los baños de canoa es de aproximadamente ₡49,550; mayor que en las escuelas anteriores, lo que comprueba que los baños actuales son un gran problema para la institución. La inversión inicial es la misma de ₡720,711.60, dado que también se necesitarían 6 orinales, con lo cual se puede concluir que este proyecto es rentable y que se paga en el décimo quinto año.

### Llaves push

Tabla 43. Análisis de ROI para cambio a llaves push en la escuela Domingo Faustino

Año	Movimientos	Acumulado de ahorros	ROI estimado
0	(300,105.00)		
1	₡38,430	₡38,430	-87.19%
2	₡38,430	₡76,860	-74.39%
3	₡38,430	₡115,290	-61.58%
4	₡38,430	₡153,720	-48.78%
5	₡38,430	₡192,150	-35.97%
6	₡38,430	₡230,580	-23.17%
7	₡38,430	₡269,011	-10.36%
<b>8</b>	<b>₡38,430</b>	<b>₡307,441</b>	<b>2.44%</b>
9	₡38,430	₡345,871	15.25%
10	₡38,430	₡384,301	28.06%

Fuente: Elaboración propia

Para calcular si las llaves *push* son rentables para la institución, se realizó una medición, comparando un lavado de manos entre las llaves que se tienen actualmente y con lo que duraría con las llaves *push*, y comparando cuánto es la diferencia en el consumo de agua. Para esto se tomó que cada estudiante mínimo se lava las manos dos veces en las baterías de lavado de la escuela y que duran veinte segundos por lavado. En una llave normal, el caudal de estas llaves por lavado de manos sería de 1.67 L/min y en las llaves *push* sería de 1.02 L/min. Con las llaves actuales, eso equivale a 50 m<sup>3</sup> de agua consumidos anualmente, y con las *push* sería de 32.37 m<sup>3</sup>, lo cual equivale a un ahorro de 20.63 m<sup>3</sup>. Esto al año es un ahorro de ₡38,430. Con una inversión inicial de ₡300,105, tomado que se necesitan 9 llaves *push*, se puede concluir que el proyecto es rentable y que se paga en el octavo año. Cabe destacar que la vida útil de estas llaves Docol es de 300,000 usos, según su ficha técnica. Según el proveedor, en lugares donde haya mucho uso de estas llaves y un buen mantenimiento de estas, las llaves pueden tener una vida útil de aproximadamente 15 años.

### **Plan de acción en la escuela de Domingo Faustino Sarmiento**

Dado todo lo analizado en la escuela Domingo Faustino, se llegan a las siguientes conclusiones.

- Se recomienda pasar de luminarias de tubos fluorescentes en oficinas y aulas a luminarias LED de bajo consumo. El modelo recomendando es el 503 LED de Sylvania 2x4 de 56 W Y 6,520 lm, con el fin de mejorar la calidad de la iluminación

en las aulas y es oficinas, dado que la escuela no cumple con la norma INTECO relacionada con este tema.

- Si se llega a realizar esta mejora en las luminarias, realizar un cálculo de ROI a los sensores dual y su eventual instalación en aulas, esto para comprobar si con un cambio en tecnología serían rentables, situación que ocurre en las otras dos escuelas en este proyecto.
- Reemplazar los baños de canoa en los baños de hombre por orinales secos; el modelo recomendado es MOJAVE TD2 de Helvex.
- Reemplazar las llaves convencionales que se tienen en las baterías de lavado de manos por llaves *push*. Se recomienda el modelo Alfa de Docol. En el caso de planear instalar más baterías de lavado de manos en la escuela, continuar con el uso de llaves con sistemas *push*.
- Si se da un cambio en los equipos de aire acondicionado que sea de tipo *inverter*, el cual es un tipo de aire acondicionado que regula la velocidad del compresor, con el fin de evitar gastos innecesarios y alargar la vida del compresor; además de que, según el uso, pueden generar un ahorro de hasta un 50%.
- Involucrar a todos los empleados de la escuela y concientizar sobre la importancia del ahorro de energía, enfatizando el buen manejo de los equipos, su correcto mantenimiento y la buena práctica con los equipos; esto para recalcar la importancia económica y ambiental del ahorro de energía.
- Colocar señales visuales, ya sea en aulas o pasillos, para recordarle a los estudiantes la importancia del buen uso de los equipos y del ahorro de energía, como aliados del medioambiente y de la economía de la escuela.

- Dar pequeñas charlas, si es posible, a los estudiantes sobre el ahorro de energía y su efecto en el medio ambiente y en la economía, y cómo esto afecta sus vidas cotidianas.
- Proveer de un buen mantenimiento a los equipos, ya que la vida de útil de estos se verá afectada según el mantenimiento y buen uso que se les dé.
- Mejorar el orden y el aseo en áreas como comedor y demás zonas de la institución, ya que en las visitas que se realizaron, se pudo observar falta de estos aspectos, por ejemplo, en el manejo de residuos, entre otros.

## Capítulo 4. Impacto de la pandemia del COVID-19

Como bien se sabe, la pandemia del COVID-19 afectó de sobremanera la forma de vivir de los costarricenses y otros aspectos como el trabajo y en el caso de este proyecto, el curso lectivo. Por lo tanto, es importante recalcar que muchas de las soluciones que se plantearon en este proyecto se hicieron pensando en un curso lectivo pospandemia, como por ejemplo, las charlas a los estudiantes, que si bien es cierto es bueno que aún se realicen, estas deben de hacerse siguiendo las normas de higiene y limpieza, entre otras recomendaciones del Ministerio de Salud, para evitar la propagación del virus. Dadas las circunstancias de la pandemia y su efecto en el país, un posible regreso a clases se daría en septiembre del 2020, todo esto obviamente sujeto al avance del virus, ya sea si la cantidad de casos aumenten o disminuyan. Igualmente, cuando inevitablemente se retomen las clases principales en escuelas públicas, habrá que poner medidas estrictas de higiene tanto para estudiantes como personal de las instituciones. En el mes de julio, el MEP, lanzó un protocolo que incluye lineamientos generales para la vuelta a clases, muchos de estos van de la mano con aspectos que se tocaron en este proyecto, por lo cual es importante ligarlos, pues, como se mencionó, el efecto de esta pandemia va a ser bastante prolongado. Algunas de las recomendaciones dadas por el MEP son las siguientes:



Figura 45. Lineamientos generales para ingreso y permanencia en centros educativos.  
Fuente: MEP (2020)



Figura 46. Lineamientos generales para servicios presenciales en centros educativos ante el COVID-19  
Fuente: MEP (2020)

Otro aspecto que afectó la pandemia fue la implementación de la norma ISO 50001, la cual se tomó como base para este proyecto. Un aspecto importante que recalca la norma es que los sistemas de gestión de energía se basan en el marco de mejora continua: “planificar-hacer-verificar-actuar” e incorpora la gestión energética a las prácticas organizacionales existentes (ISO). Con la pandemia, esto se complica de sobremanera, más cuando la norma requiere demostración de la mejora continua,

aunque no define los niveles de esta. En un futuro, si las escuelas siguen las recomendaciones dadas en este proyecto, esto es un aspecto que se debe practicar para seguir la norma.

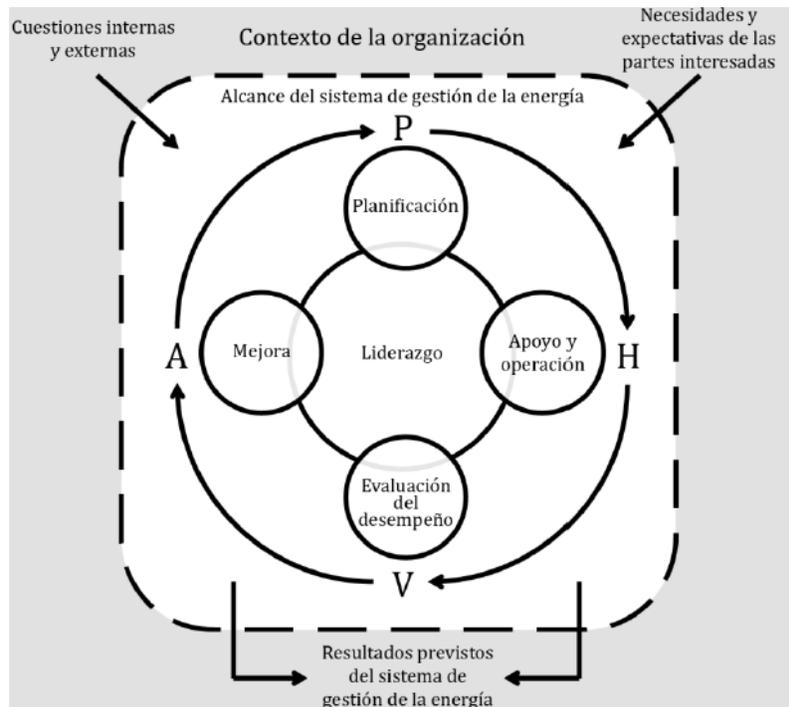


Figura 47. Ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar

Fuente: ISO 50001:2018 (s.f.)

## Capítulo 5. Impacto al medio ambiente del proyecto

Como se observa en los capítulos anteriores, con las recomendaciones que se le hicieron a cada una de las escuelas se pudo reducir el consumo de kWh de consumo eléctrico y m<sup>3</sup> de agua, lo cual ayuda sobremanera a estas instituciones a reducir su huella de carbono. Debido a las instalaciones de estas escuelas, no se tienen recintos donde se use combustibles fósiles, que es lo que se busca reducir más para cumplir este objetivo. Lo bueno de esto es que este consumo no se presenta en las en las escuelas. En la escuela de Pitahaya fue posible reducir el consumo anual en 887 kWh y el consumo de agua en 26 m<sup>3</sup>; en San Ignacio de Loyola la reducción fue de 426 kWh en electricidad y de 34 m<sup>3</sup> en agua, y, finalmente, en la Domingo Faustino fue de 210 kWh en electricidad y de 69 m<sup>3</sup> en agua.

Tomando en cuenta las tres instituciones se redujo el consumo de electricidad en 1448 kWh, y el consumo de agua en 129 m<sup>3</sup>; esto es una disminución de un 28% en el consumo en electricidad y debido al uso de orinales secos, en vez de convencionales, el uso de agua por estos equipos se reduce un 100%. Esto es importante de destacar, ya que si bien es cierto esta reducción en consumo es primordialmente para reducir los gastos en servicios públicos, también se está haciendo una gran contribución al medio ambiente mediante la reducción de estas variables. Como se mencionó, la reducción en el consumo eléctrico ayuda de sobremanera a la reducción de la huella de carbono, específicamente se cuantifica la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>. Esto según los datos de la siguiente tabla:

*Tabla 44. Tabla de conversión de electricidad a emisiones de Dióxido de Carbono.*

Tabla de conversión a emisiones de Dioxido de Carbono	
Cantidad	Emisiones de CO <sub>2</sub>
1 kWh	0.000056 t CO <sub>2</sub>

\*Valor para Costa Rica, para el año 2010, factor de Emisiones facilitado por el Instituto Meteorológico Nacional.

*Fuente: Guerrero y Morales (s.f.)*

Entonces podemos decir que la huella de carbono en la escuela de La Pitahaya se redujo en 0.049 t CO<sub>2</sub>, en Loyola la reducción fue de 0.024 t CO<sub>2</sub>, y en la escuela Domingo Faustino fue de 0.012 t CO<sub>2</sub>, para un total de 0.085 t CO<sub>2</sub> que se reducirían con la implementación de este proyecto.

Otro aspecto para destacar es que, si las escuelas deciden tomar las recomendaciones propuestas en este trabajo y además impulsa un mejor manejo de desechos en las instituciones, promover la educación ambiental y la mejor limpieza en general de las escuelas; es posible buscar el galardón de bandera azul ecológica. No solo esto demostraría el compromiso de las instituciones con el ahorro de energía, sino también el compromiso del personal y estudiantes por cumplir metas y objetivos.



Bandera Azul Ecológica  
COSTA RICA / CENTROS EDUCATIVOS



*Figura 48. Logo de bandera azul ecológica para centros educativos*

*Fuente: MEP (2014)*

Tabla 45. Parámetros para aplicar por la bandera azul ecológica en un centro educativo

<p><b>Parámetros Obligatorios</b></p>	 Bandera Azul Ecológica <small>COSTA RICA / CENTROS EDUCATIVOS</small>
<p><b>Detalle</b></p>	<p><b>Puntaje (%)</b></p>
<p>1. Realizar acciones en todos los parámetros.</p>	<p>Requisito obligatorio</p>
<p>2. Gestión del Agua</p>	<p>14</p>
<p>3. Gestión de los residuos sólidos</p>	<p>12</p>
<p>4. Gestión del riesgo</p>	<p>15</p>
<p>5. Energía eléctrica.</p>	<p>8</p>
<p>6. Educación Ambiental</p>	<p>20</p>
<p>7. Servicios Sanitarios</p>	<p>13</p>
<p>8. Promoción de espacios limpios</p>	<p>8</p>
<p>9. Contaminantes atmosféricos</p>	<p>4</p>
<p>10. Compras sostenibles</p>	<p>6</p>
<p>Total</p>	<p>100</p>

Fuente: MEP (2014)

Como se puede observar en la tabla anterior, los requisitos para optar por este galardón van muy de la mano con lo recomendado en este proyecto, y como se dijo anteriormente, obtener un reconocimiento como este, convertiría a las escuelas en instituciones insignia en materia de ahorro de energía y conservación del medio ambiente.

Finalmente, lo más importante de promover el ahorro de energía y el cuidado al medio ambiente en las escuelas es el de inculcar la importancia de estos aspectos en la vida diaria a las nuevas generaciones, a los estudiantes que atienden estas instituciones.

Lo primordial es tratar de que estas enseñanzas que se ven aplicadas de primera mano en la escuela la traten de aplicar en sus hogares, ya sea en el presente o en el futuro. De esa manera, se podrán disminuir emisiones de agua y electricidad, y promover también la reducción de otras variables como gas y otros combustibles fósiles. Entre más personas se unan a la causa por el ahorro de energía y la protección al medio ambiente, mejor será el futuro para ellos y sus familias.

## Conclusiones

- Fue posible identificar los equipos consumidores de energía en cada una de las escuelas y los usos que estos tienen, lo cual ayudó a crear una imagen de la actualidad de las tres instituciones que formaron parte del proyecto, y cómo funcionan día con día. Además, se observó la diferencia que existe entre institución e institución dentro del sistema educativo nacional.
- Dado las investigaciones que se realizaron y los datos que se obtuvieron de dichos equipos, se pudo identificar las necesidades principales de cada una de las escuelas, las cuales son las bases para los planes de acción de cada una de las instituciones.
- Se llegó al desarrollo de tres planes de acción, cada uno hecho según las necesidades de cada una de las escuelas, las cuales buscan mejorar la calidad de los equipos, especialmente los consumidores de agua y de electricidad, sin comprometer la calidad de los servicios que estos brindan. Al ser instituciones públicas, se buscó que cada recomendación de los planes fuera rentable para el centro educativo, lo cual es de suma importancia en instituciones gubernamentales.
- Al finalizar el proyecto, se analizó como una futura implementación de este, si así lo deciden las escuelas, afectara al medio ambiente de las comunidades donde se encuentran, debido a las disminuciones en consumo de energía y su disminución a la huella de carbono, además de la reducción consecuente de las facturas de servicios públicos por las medidas propuestas. Se pudo observar cómo no solo se

llega a una disminución del gasto económico, sino que se genera un efecto positivo al medio ambiente de las escuelas y de las comunidades.

- Se comprobó la importancia de la toma de los datos sobre el consumo de energía de las escuelas, ya que, como se expresó al principio de este proyecto, es imposible realizar un sistema de gestión de energía sin el conocimiento de cómo es que cada una de las escuelas consume estos recursos. Si cada una de las escuelas del país realizara esto, una optimización del uso de la energía y consecuentemente, una mejora al medio ambiente sería posible para los centros educativos nacionales.

## Recomendaciones

Adicionalmente a las recomendaciones que se realizaron a cada una de las escuelas, se hacen las siguientes:

- Darle seguimiento al plan de acción por la Dirección Regional de Cartago, ya que, si esta prueba es positiva, puede ponerse en marcha en más instituciones de la provincia.
- Dar estimulaciones visuales u orales a los estudiantes de las instituciones para recordarles sobre el ahorro de energía: apagar luces al salir de un aula, cerrar la llave mientras se lava las manos, entre otras.
- Dar información sobre ahorro de energía a las Juntas de Educación o a las direcciones de las escuelas, para que ellos puedan identificar nuevas formas con las cuales poder ahorrar energía y ponerlas en práctica.
- Asumiendo que se hizo una implementación de las recomendaciones propuestas en este trabajo, aplicar el método de mejora continua propuesta en la norma ISO 50001, esto para garantizar el mejor desempeño de los planes propuestos.

## Referencias Bibliográficas

- Boyd, G., Dutrow, E. y Tunnessen, W. (2007). *The evolution of the ENERGY STAR energy performance indicator for benchmarking industrial plant manufacturing energy use.*
- Burlig, F., Knittel, C., Rapson, D., Reguant, M. y Wolfram, C. (2019). *Machine Learning from Schools about Energy Efficiency.*
- Carbon Trust. (s. f.). *Saving Energy - A Whole School Approach.* Good Practice Guide.
- Correa Soto, J., Borroto Nordelo, A. E., Alpha Bah, M., Gonzalez Alvarez, R., Curbelo Martinez, M. y Diaz Rodriguez, A. M. (2014). *Diseño y aplicación de un procedimiento para la planificación energética según la NC-ISO 50001:2011.* Universidad de Cienfuegos, Cuba.
- De Rosa, M., Pattini, E., Canton, B., JL, C. y Fernandez, A. (s. f.). *ESCUELA MARCELINO BLANCO. UN EDIFICIO ENERGETICAMENTE EFICIENTE EN EL ESTE DE MENDOZA.*
- Demanele, C., Tweddell, T. y Davies, M. (2010). *Bridging the gap between predicted and actual energy performance in schools.* London: Bartlett School of Graduate Studies, University College London.
- Dias Pereira, L., Bernardo, H. y Gameiro da Silva, M. (2013). *Energy performance of school buildings: from Energy Certificates to Benchmarking.* University of Coimbra and ADAI – LAETA.
- Dias Pereira, L., Raimondo, D., Corgnati, S. y Gameiro da Silva, M. (2014). *Energy consumption in schools – A review paper.*
- Energy Star. (2018). *ENERGY STAR Score for K-12 Schools in the United States.*
- Fernandez, S. (2007). *Los proyectos de inversión.* Editorial Tecnológico de Costa Rica.
- Garrido, S. G. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento.* Ediciones Díaz de Santos, SA.
- Grupo ICE. (s. f.). *Buenas Prácticas de Eficiencia Energética para Eliminación Industrial.* Grupo ICE.
- Guerrero, M. y Morales, A. (s. f.). *Manual para neutralizar la huella de carbono en centros educativos.*
- Hong, S.-M., Paterson, G., Mumovic, D. y Steadman, P. (2014). *Improved benchmarking comparability for energy consumption in schools.*
- INTECO. (2000). *Niveles y condiciones de iluminación que deben tener los centros de trabajo.* INTECO.

- INTECO. (s. f.). *Hogares ticos consumen más agua que resto de centroamericanos*.  
[https://www.inteco.org/en\\_US/blog/recent-news-2/post/hogares-ticos-consumen-mas-agua-que-resto-de-centroamericanos-146](https://www.inteco.org/en_US/blog/recent-news-2/post/hogares-ticos-consumen-mas-agua-que-resto-de-centroamericanos-146)
- ISO. (s.f.). *Sistemas de Gestión de la Energía, ISO 50001:2018*. UNE.
- ISOTools. (s. f.). *Software ISO M. Ambiente y Energía*. Retrieved from *Sistemas de Gestión de Medio Ambiente y Energía*: <https://www.isotools.org/normas/medio-ambiente/iso-50001>
- Kern, F. (2012). *The discursive politics of governing transitions towards sustainability: the UK Carbon Trust*. University of Sussex.
- Kleiman, G. M. (2000). *Myths and Realities About Technology in K-12 Schools*. Education Development Center, Inc.
- Mckane, A., Desai, D., Matteini, M., Meffert, W., Williams, R. y Risser, R. (2009). *Thinking Globally: How ISO 50001 – Energy Management Can Make Industrial Energy Efficiency Standard Practice*. ACEEE Summer Study of Energy Efficiency in Industry.
- MEP. (2014). *Manual de Procedimientos Galardón Centros Educativos*.
- MEP. (2019). *Ministerio de Educacion Publica*. Retrieved from <https://www.mep.go.cr/>
- MEP. (2020). *Aplicación adecuada de los protocolos sanitarios para el regreso al aula ante la Pandemia del Coronavirus (COVID-19)*. MEP.
- MINAE. (s. f.). *Plan Nacional de Energía 2015-2030*. San José, Costa Rica.
- Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica. (2019). *Plan Nacional de Desarrollo y de Inversión Pública del Bicentenario*. .
- Municipalidad de Cartago. (2016). *Pliego Tarifario del consumo del acueducto Municipal*. La Gaceta.
- Romero, B. I. (2003). *El análisis del ciclo de vida útil y la gestión ambiental*.  
<https://www.ineel.mx/boletin032003/tend.pdf>
- Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la Investigacion*. McGraw Hill.
- Stimmel, J. y Gohs, J. (2008). *Scoring Our Schools: Program Implementation Lessons-Learned From Benchmarking Over 1,775 Schools for Seven Utilities*. ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings.
- Tae-Woo, K., Kang-Guk, L. y Won-Hwa, H. (2012). *Energy consumption characteristics of the elementary schools in South Korea*. Daegu, South Korea.

Vadney, M., Fox, B., Mosser, M., Fraser, S. y Bernstein, B. (2012). *Benchmarking K-12 Schools: How the Building Energy Performance System Continues to Track and Compare Energy Data in the Northeast and Mid-Atlantic*. New York, New Jersey.

Xcel Energy. (2007). *Managing energy costs in school. A guide to energy conservation and savings for K-12 schools*.

## Anexos

Anexo 1. Tabla completa de potencia mensual actual en la escuela de Pitahaya.

Recinto	T5	potencia	T8 48"	potencia	T12	potencia	LED (tubo)	potencia	LED(bombillo)	potencia	HID	potencia	T8 96"	potencia	potencia total (KWh)
Aula 1		0	18	114.91		0		0		0		0	0	0	114.91
Aula 2		0	18	114.91		0		0		0		0	0	0	114.91
Aula 3		0	18	114.91		0		0		0		0	0	0	114.91
Aula 4		0	18	114.91		0		0		0		0	0	0	114.91
Aula 5		0	18	114.91		0		0		0		0	0	0	114.91
Aula 6		0	18	114.91		0		0		0		0	0	0	114.91
Aula 7		0	18	114.91		0		0		0		0	0	0	114.91
Aula 8		0	18	114.91		0		0		0		0	0	0	114.91
Aula 9		0	18	114.91		0		0		0		0	0	0	114.91
Pasillos		0	42	268.13		0		0		0		0	0	0	268.13
Laboratorio de Cómputo		0	12	76.61		0		0		0		0	12	141.25	217.85
Sala eventos		0		0.00		0		0	3	4.41	6	315		0	319.41
Sala conserjes		0	2	12.77		0		0		0		0		0	12.77
Comedor		0	0	0.00		0		0		0		0	22	258.95	258.95
Oficinas administrativas	2	11.17	6	38.30		0		0	1	1.47		0		0	50.95
Cafetin		0	2	12.77		0		0		0		0		0	12.77
Baños		0	10	63.84		0		0	2	2.94		0		0	66.78
Oficina Junta de Educación		0	2	12.77		0		0		0		0		0	12.77
Oficina seguridad		0	4	25.54		0		0		0		0		0	25.54
															<b>2280.12</b>

Anexo 2. Tabla completa de potencia mensual nueva en la escuela de Pitahaya

Recinto	T5	potencia	T8 48"	potencia	T12	potencia	Luminaria LEI	potencia4	LED(bombill)	potencia5	HID	potencia	potencia	potencia total (kWh)
Aula 1	0	0	0	0	0	0	6	70.56		0		0	0	70.56
Aula 2	0	0	0	0	0	0	6	70.56		0		0	0	70.56
Aula 3	0	0	0	0	0	0	6	70.56		0		0	0	70.56
Aula 4	0	0	0	0	0	0	6	70.56		0		0	0	70.56
Aula 5	0	0	0	0	0	0	6	70.56		0		0	0	70.56
Aula 6	0	0	0	0	0	0	6	70.56		0		0	0	70.56
Aula 7	0	0	0	0	0	0	6	70.56		0		0	0	70.56
Aula 8	0	0	0	0	0	0	6	70.56		0		0	0	70.56
Aula 9	0	0	0	0	0	0	6	70.56		0		0	0	70.56
Pasillos	0	0	0	0	0	0	21	246.96		0		0	0	246.96
Laboratorio de Cómputo	0	0	0	0	0	0	6	70.56		0		0	0	70.56
Sala eventos	0	0	0	0	0	0		0	3	4.41	6	126	0	130.41
Sala conserjes	0	0	2	12.768	0	0	0	0		0		0	0	12.77
Comedor	0	0	0	0	0	0	11	129.36		0		0	0	129.36
Oficinas administrativas	2	11.172	6	38.304	0	0	0	0	1	1.47		0	0	50.95
Cafetín	0	0	2	12.768	0	0	0	0		0		0	0	12.77
Baños	0	0	10	63.84	0	0	0	0	2	2.94		0	0	66.78
Oficina Junta de Educación	0	0	2	12.768	0	0	0	0		0		0	0	12.77
Oficina seguridad	0	0	4	25.536	0	0	0	0		0		0	0	25.54
														<b>1393.90</b>

Anexo 3. Tabla completa de potencia mensual actual en la escuela de Loyola

Recinto	T5	potencia	T8 48"	potencia2	T12	potencia	LED(tubo)	potencia4	LED(bombillo)	potencia	IHD	potencia	T8 36"	Potencia7	potencia total (KWh)
Aula 1		0	12	76.61		0		0		0		0		0	76.61
Aula 2		0	12	76.61		0		0		0		0		0	76.61
Aula 3		0	12	76.61		0		0		0		0		0	76.61
Aula 4		0	12	76.61		0		0		0		0		0	76.61
Aula 5		0	10	63.84		0		0		0		0		0	63.84
Aula 6		0	12	76.61		0		0		0		0		0	76.61
Aula 7		0	12	76.61		0		0		0		0		0	76.61
Aula 8		0	12	76.61		0		0		0		0		0	76.61
Aula 9		0	12	76.61		0		0		0		0		0	76.61
Aula 10		0	12	76.61		0		0		0		0		0	76.61
Aula 11		0	12	76.61		0		0		0		0		0	76.61
Aula 12		0	12	76.61		0		0		0		0		0	76.61
Aula 13		0	12	76.61		0		0		0		0		0	76.61
Aula 14		0	12	76.61		0		0		0		0		0	76.61
Pasillos		0	0	0.00		0		0	20	29.4	2	105	10	117.71	252.11
Laboratorio de Computo		0	8	51.07		0		0		0		0	12	141.25	192.32
Laboratorio de Robótica		0	20	127.68		0		0		0		0		0	127.68
PIAD		0	2	12.77		0		0		0		0		0	12.77
Escenario		0		0.00		0		0		0	10	210		0	210.00
Sala personal	12	67.03				0		0		0		0		0	67.03
Bodegas		0	4	25.54		0		0		0		0		0	25.54
Oficinas administrativas		0	6	38.30		0		0		0		0		0	38.30
Baños		0		0.00		0		0		0		0		0	0.00
Fotocopiadora		0	1	6.38		0		0	10	14.7		0		0	14.70
Cubículos (3)		0	6	38.30		0		0		0		0		0	6.38
Educación Física		0	2	12.77		0		0		0		0		0	38.30
Terapia de Lenguaje		0	2	12.77		0		0		0		0		0	12.77
Educación Especial		0	10	63.84		0		0		0		0		0	12.77
															63.84
															<b>2134.25</b>

Anexo 4. Tabla completa de potencia mensual nueva en la escuela de Loyola

Recinto	T15	potencia	T8 48"	potencia	T12	potencia	Luminaria LEE	potencia4	LED(bombillo)	potencia	HID	potencia	potencia total (kWh)
Aula 1		0	0	0		0	6	70.56		0		0	70.56
Aula 2		0	0	0		0	6	70.56		0		0	70.56
Aula 3		0	0	0		0	6	70.56		0		0	70.56
Aula 4		0	0	0		0	6	70.56		0		0	70.56
Aula 5		0	0	0		0	5	58.8		0		0	58.80
Aula 6		0	0	0		0	6	70.56		0		0	70.56
Aula 7		0	0	0		0	6	70.56		0		0	70.56
Aula 8		0	0	0		0	6	70.56		0		0	70.56
Aula 9		0	0	0		0	6	70.56		0		0	70.56
Aula 10		0	0	0		0	6	70.56		0		0	70.56
Aula 11		0	0	0		0	6	70.56		0		0	70.56
Aula 12		0	0	0		0	6	70.56		0		0	70.56
Aula 13		0	0	0		0	6	70.56		0		0	70.56
Aula 14		0	0	0		0	6	70.56		0		0	70.56
Pasillos		0	0	0		0	5	58.8	20	29.4	0	0	88.20
Laboratorio de Cómputo		0	0	0		0	6	70.56		0		0	70.56
Laboratorio de Robótica		0	0	0		0	6	70.56		0		0	70.56
PIAD		0	2	12.768		0		0		0		0	12.77
Escenario		0		0		0		0		0	10	210	210.00
Sala personal	12	67.032		0		0	0	0		0		0	67.03
Bodegas		0	4	25.536		0	0	0		0		0	25.54
Oficinas administrativas		0	6	38.304		0	0	0		0		0	38.30
Baños		0		0		0		0	10	14.7		0	14.70
Fotopiadora		0	1	6.384		0		0		0		0	6.38
Cubiculos (3)		0	6	38.304		0		0		0		0	38.30
Educación Física		0	2	12.768		0	0	0		0		0	12.77
Terapia de Lenguaje		0	2	12.768		0	0	0		0		0	12.77
Educación Especial		0	10	63.84		0	0	0		0		0	63.84
													<b>1707.80</b>

Anexo 5. Tabla completa de potencia mensual actual en la escuela Domingo Faustino

Recinto	T5	potencia	T6 96"	potencia2	T12	potencia3	LED(tubo)	potencia4	LED(bombillo)	potencia5	HID	potencia6	Incandescentes	potencia7	potencia total (kWh)
Orientación	0	0	0	0	0	0	1	2.7	0	0	0	0	0	0	2.70
Terapia de Lenguaje	0	0	0	0	0	0	1	2.7	0	0	0	0	0	0	2.70
Baños (3)	0	0	0	0	0	0	2	5.4	2	2.1	0	0	2	18	20.10
Aula 1	0	0	0	0	0	0	2	5.4	4	4.2	0	0	0	0	9.60
Aula 2	0	0	0	0	0	0	3	8.1	0	0	0	0	0	0	8.10
Aula 3	0	0	2	16.82	0	0	2	5.4	0	0	0	0	0	0	22.22
Aula 4	0	0	0	0	0	0	2	5.4	2	2.1	0	0	0	0	7.50
Aula 5	0	0	0	0	2	11.4	0	0	2	2.1	0	0	0	0	13.50
Aula 6	0	0	0	0	1	5.7	0	0	2	2.1	0	0	0	0	7.80
Aula 7	0	0	0	0	0	0	2	5.4	0	0	0	0	0	0	2.10
Aula 8	0	0	0	0	2	11.4	0	0	2	2.1	0	0	0	0	13.50
Aula 9	0	0	4	33.63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33.63
Aula 10	0	0	4	33.63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33.63
Aula 11	0	0	0	0	0	0	3	8.1	0	0	0	0	0	0	8.10
Aula 12	0	0	4	33.63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33.63
Aula 13	0	0	0	0	0	0	2	5.4	0	0	0	0	0	0	5.40
Aula 14	0	0	0	0	0	0	2	5.4	0	0	0	0	1	9	14.40
Aula 15	0	0	0	0	0	0	2	5.4	0	0	0	0	1	9	14.40
Aula 16	0	0	0	0	0	0	2	5.4	2	2.1	0	0	0	0	7.50
Aula 17	0	0	0	0	0	0	4	10.8	0	0	0	0	0	0	10.80
Aula 18	0	0	0	0	0	0	4	10.8	0	0	0	0	0	0	10.80
Aula 19	0	0	0	0	0	0	3	8.1	0	0	0	0	0	0	8.10
Aula 20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	54.00	
Aula Apoyo fijo	0	0	0	0	0	0	1	2.7	0	0	0	0	0	0	2.70
Pasillos	0	0	0	0	0	0	7	18.9	0	0	2	7.5	5	45	138.90
Laboratorio de Computo	0	0	18	151.34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	151.34
Gimnasio	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3.15	6	225	1	9	237.15
Sala personal	0	0	0	0	0	0	2	5.4	0	0	0	0	0	0	5.40
Comedor	0	0	0	0	0	0	4	10.8	0	0	0	0	0	0	10.80
Biblioteca	0	0	0	0	0	0	2	5.4	0	0	0	0	0	0	5.40
Fotocopiadora	0	0	0	0	0	0	1	2.7	0	0	0	0	0	0	2.70
Aula Hogar	0	0	0	0	0	0	1	2.7	0	0	0	0	0	0	2.70
Aula Artes industriales	0	0	0	0	0	0	1	2.7	0	0	0	0	0	0	2.70
Oficinas	0	0	0	0	0	0	2	5.4	4	4.2	0	0	0	0	9.60
															<b>913.59</b>

Anexo 6. Tabla completa de potencia mensual nueva en la escuela Domingo Faustino

Recinto	T5	potencia	T8 96"	potencia2	T12	potencia3	LED(subo)	potencia4	LED(bombillo)	potencia5	HID	potencia6	Incandescentes	potencia7	potencia total (kWh)
Orientación		0		0		0	2.7	0	0	0	0	0	0	0	2.70
Terapia de Lenguaje		0		0		0	2.7	0	0	0	0	0	0	0	2.70
Baños (3)		0		0		0	2.1	0	2	0	0	0	2	18	20.10
Aula 1		0		0		0	5.4	0	4	0	0	0	0	0	9.60
Aula 2		0		0		0	8.1	0	0	0	0	0	0	0	8.10
Aula 3		0	2	16.82		0	5.4	0	0	0	0	0	0	0	22.22
Aula 4		0		0		0	5.4	0	2	0	0	0	0	0	7.50
Aula 5		0		0	2	11.4	0	0	2	0	0	0	0	0	13.50
Aula 6		0		0	1	5.7	0	0	2	0	0	0	0	0	7.80
Aula 7		0		0		0	0	0	2	0	0	0	0	0	2.10
Aula 8		0		0	2	11.4	0	0	2	0	0	0	0	0	13.50
Aula 9		0	4	33.63		0	0	0	0	0	0	0	0	0	33.63
Aula 10		0	4	33.63		0	0	0	0	0	0	0	0	0	33.63
Aula 11		0		0		0	8.1	0	0	0	0	0	0	0	8.10
Aula 12		0	4	33.63		0	0	0	0	0	0	0	0	0	33.63
Aula 13		0		0		0	5.4	0	0	0	0	0	0	0	5.40
Aula 14		0		0		0	5.4	0	0	0	0	0	1	9	14.40
Aula 15		0		0		0	5.4	0	0	0	0	0	1	9	14.40
Aula 16		0		0		0	5.4	0	2	0	0	0	0	0	7.50
Aula 17		0		0		0	10.8	0	0	0	0	0	0	0	10.80
Aula 18		0		0		0	10.8	0	0	0	0	0	0	0	10.80
Aula 19		0		0		0	8.1	0	0	0	0	0	0	0	8.10
Aula 20		0		0		0	0	0	0	0	0	0	6	54	54.00
Aula Apoyo fijo		0		0		0	2.7	0	0	0	0	0	0	0	2.70
Pasillos		0		0		0	18.9	0	0	0	0	0	5	45	63.90
Laboratorio de Computo		0	18	151.34		0	0	0	0	0	0	0	0	0	151.34
Gimnasio		0		0		0	0	0	3	0	6	90	1	9	102.15
Sala personal		0		0		0	5.4	0	0	0	0	0	0	0	5.40
Comedor		0		0		0	10.8	0	0	0	0	0	0	0	10.80
Biblioteca		0		0		0	5.4	0	0	0	0	0	0	0	5.40
Fotocopiadora		0		0		0	2.7	0	0	0	0	0	0	0	2.70
Aula Hogar		0		0		0	2.7	0	0	0	0	0	0	0	2.70
Aula Artes industriales		0		0		0	2.7	0	0	0	0	0	0	0	2.70
Oficinas		0		0		0	5.4	0	4	0	0	0	0	0	9.60
															<b>703.59</b>

## Apéndices

### Apéndice 1. Ficha técnica, sensor dual Eagle MDC-50L

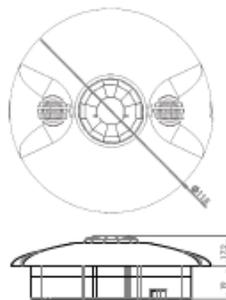
## FICHA TÉCNICA

# EAGLE

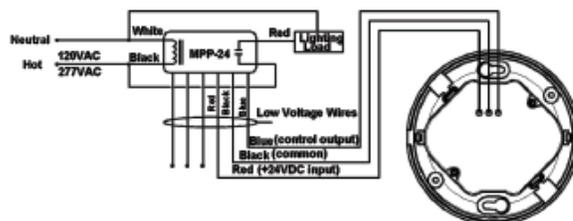
### Sensor Tecnología Dual 360° a Cielo (Bajo Voltaje)

24 DC

MDC-50L



#### > Diagrama de conexión



#### > Características generales

- Trabaja a bajo voltaje en combinación con power pack MPP-24 para coordinación entre sensores
- Con power pack hay coordinación de sensores para usos de pasillos o aplicaciones similares
- Sensores Infrarrojos controlan las luces por ocupación y cantidad de luz en el sitio
- Posee una fotocelda con la cual se ajusta al nivel de luz al cual debe de operar.
- El sensor enciende y apaga las luces cuando detecta ocupación en el lugar, si no hay movimiento se ajusta el tiempo para apagar las luces.
- Posee un control para configurar la sensibilidad del infrarrojo y el ajuste de tiempo de encendido y apagado
- Puede controlar luces CFL, LED e Incandescente
- Multi tecnología PIR - Ultrasonico para aumentar capacidad de detección y evita falsos encendidos
- Posee la capacidad de combinar las tecnologías como convenga para más posibilidades de ajuste
- Evite colocar en lugares de mucho viento o corrientes de aire.

#### > Características Técnicas

- 24 DC, requiere de Power Pack MPP-24
- Consumo corriente: 20mA
- Temperatura operación: 0 °C a 55 °C
- Ajuste de PIR: 50 - 100% (DIP pos 1)
- Ajuste de Ultrasonico: máximo a mínimo
- Ajuste de nivel de luz: 100 LUX - luz día
- Modo de prueba: delay de 5 segundos
- Nivel de ajuste de luz: 10 FC - 150FC
- Retardo ajuste de tiempo: 5 segundos - 30 minutos
- Cobertura: 360°, hasta 110 m2
- Cobertura ultrasónico, hasta 92 m2
- PIR tecnología pasiva infrarrojo
- Multi nivel, 360° lentes Fresnel para superior detección de ocupación

#### > Pruebas y códigos que cumple

- UL E317588
- California Title 24 Compliant

#### > Información para solicitar del catálogo

- MDC-50 L



MDC-50 L 7441109017262



# EAGLE

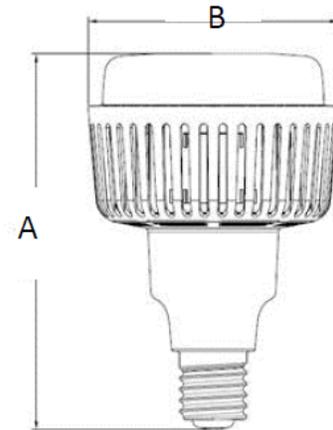
Este documento es propiedad de Eagle Electric  
Algunas características pueden cambiar  
www.eagle.cr  
Fecha de revisión: 18 febrero, 2020  
Versión 001-2020

Apéndice 2. Ficha técnica de LED alta potencia OSRAM

## LED SUPERSTAR HIGH WATTAGE

### Familia de Lámparas LED Integradas de altas potencias

	A (mm)	B (mm)
65 W	217	145
80 W	229	170
100 W	270	190
120 W	270	190

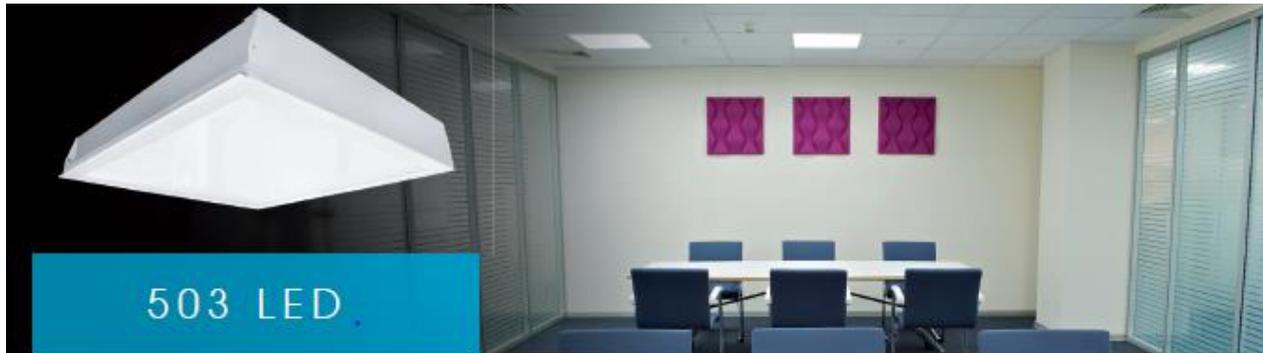


Condiciones de Operación:  
Temperatura ambiente máxima: 40 °C  
Temperatura ambiente mínima: -20 °C

### Información Técnica

Código	Descripción de Producto	Parámetros Eléctricos					Parámetros Fotométricos					
		Potencia (W)	Tensión de Operación (V)	Frecuencia (Hz)	Corriente de Línea (mA)	Factor de Potencia	Flujo Luminoso nominal (lm)	Temperatura de Color (K)	IRC	Eficacia (lm / W)		
86293	LED SS HIGH WATTAGE 65W 100-277 E40	65	100 - 277	50/60	700-220	> 0.9	5 800	6500	Luz de Día	>80	89	
86294	LED SS HIGH WATTAGE 80W 100-277 E40	80	100 - 277	50/60	900-300	> 0.9	7 800	6500	Luz de Día	>80	98	
86295	LED SS HIGH WATTAGE 100W 100-277 E40	100	100 - 277	50/60	1180-400	> 0.9	9 500	6500	Luz de Día	>80	95	
86296	LED SS HIGH WATTAGE 120W 100-277 E40	120	100 - 277	50/60	1320-440	> 0.9	12 000	6500	Luz de Día	>80	100	

Apéndice 3. Ficha técnica de luminaria LED 503 Sylvania



- Luminaria LED para aplicaciones comerciales, industriales y arquitectónicas.
- Luminaria para empotrar en cielo suspendido de tipo "T" invertido de 1 pulgada de alto, de madera, cielo Gypsum o tabla yeso.
- LED fixture for commercial, industrial and architectural applications.
- LED fixture for recessed installation in suspended ceilings, inverted "T" type of 1 inch high, of wood or Gypsum.

- Oficinas / Offices
- Escuelas / Schools
- Comercios / Commercial

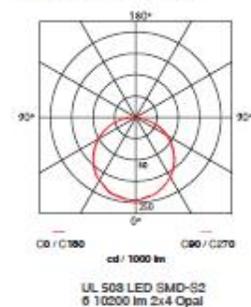
Configuraciones disponibles  
available configurations

ESPECIFICACIONES / SPECIFICATIONS				OPCIONES DE SELECCIÓN ÚNICA (SINGLE CHOICE OPTIONS)				MÁS INFORMACIÓN / MORE INFO			
Modelo / Model	Tipo LED / LED type	Cant. Módulos / LED Modules Qty.	Potencia (W) / Power	Flujo Lum. Total / Lum. Flux (lm)		Instalación / Installation		Eficiencia lm/W / Efficacy		Dimensión / Dimension	
				Difusor #1 / Diffuser	Difusor / Opal	Cielo suspendido / Suspended ceiling	Gypsum	Datos técnicos / Technical data	Difusor #1 / Diffuser	Difusor / Opal	
503 LED	SMD	2	18	1960	1960	*	*	TS	>110	>105	2x2
		2	27	2700	2670	*	*	TS	>100	>100	2x2
		2	32	3250	3220	*	*	TS	>100	>100	2x2
		2	36	3750	3710	SS	*	TL	>100	>100	2x2
		3	39	4210	4170	*	*	TS	>105	>105	2x2
		3	42	4760	4720	*	*	TL	>110	>110	2x2
		4	52	5790	5740	*	*	TL	>110	>110	2x2
		4	56	5880	5830	*	*	TS	>105	>100	2x2
		4	52	6410	6380	SS	*	TL	>120	>120	2x4
		4	56	6520	6470	SS	*	TS	>115	>125	2x4
		4	73	8340	8280	SS	*	TL	>110	>110	2x4
		6	78	8800	8730	*	*	TS	>110	>110	2x4
		6	104	12530	12450	*	*	TL	>120	>120	2x4
		2	18	2210	2200	*	*	TS	>120	>120	1x4
		2	27	3010	3000	*	*	TS	>110	>110	1x4
		2	32	3630	3610	*	*	TS	>110	>110	1x4
		2	36	4160	4140	*	*	TL	>115	>115	1x4
		4	52	6240	6220	SS	*	TL	>120	>120	1x4
		4	56	6420	6390	SS	*	TS	>115	>110	1x4
		4	73	8120	8080	SS	*	TL	>110	>110	1x4

Resumen de rendimiento  
Performance summary

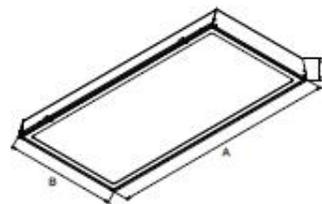
Datos técnicos / Technical Data	TL	TS
Índice de reproducción color / Color rendering index	80	80
Capacidad de atenuación / Dimming capability	0 V - 10 V	0 V - 10 V
Voltaje de operación / Input voltage	120 V a 277 V~	120 V a 277 V~
Frecuencia de operación / Operating frequency	50 Hz / 60 Hz	50 Hz / 60 Hz
Factor de potencia / Power factor	> 0.9	> 0.9
DAT en corriente / THD in current	≤20%	≤20%
Vida útil / Lifespan	L70 (12kh) = 72 000h (85°C)	L70 (10kh) > 50 000h (85°C)
CCT Disponible / CCT Available	4000 K, 5000 K, 6500 K	4000 K

Curva fotométrica  
photometric curve



Dimensiones  
dimensions

Dimensión Nominal	A (mm)	B (mm)	C (mm)
1x4	1216	299	101
2x2	607	602	101
2x4	1216	602	101



Sylvania se reserva el derecho de modificar y/o cambiar este producto o sus especificaciones técnicas sin notificación previa. Sylvania reserves the right to modify and/or change this product or its technical specifications without previous notification.



Apéndice 4. Cotización de orinales secos seleccionados Helvex



garantía de calidad

**HELVE X DE COSTA RICA, S.A.**

3-101-560481

(506) 2203-2955

Santa Ana, Zona Industrial Condopark , 2km al Oeste de Forum

**CLIENTE:** FABIAN

**DIRECCION :**

**ATENCION :** FABIAN MADRIGAL

**PROYECTO :**

**PROFORMA:** PL-590771

**Cliente :** 0002

**ORDEN:**

**FECHA:** 09 Julio del 2020

**TEL.** -

**FAX :** -

**CORREO :** felectronica@helvex.com

CODIGO	CANT.	DESCRIPCION	UNITARIO	TOTAL
TV12219	1.00	LLAVE ECONOM. ALTA DE PUSH ANTIBACTERIAL 1.9Lt	54,783.35	54,783.35
MGMOJAVETDS2	1.00	MINGITORIO SECO MOJAVE TDS 2 B	120,118.60	120,118.60

## Grifo para Lavatorio de Mesa Pressmatic Alfa

00446106

### DESCRIPCIÓN

Grifo con entrada vertical para la instalación en mesa con accionamiento hidromecánico por presión manual.



### TECNOLOGÍAS Y CARACTERÍSTICAS



Aireador empotrado



Biniquel Cromo



Alta durabilidad

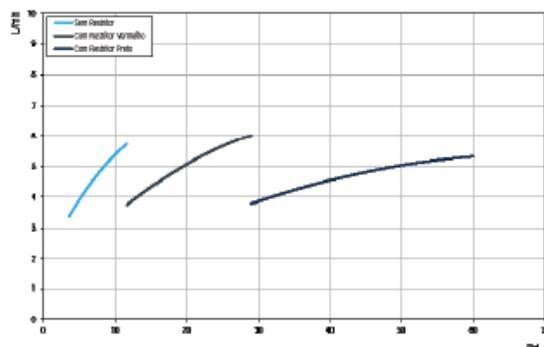
### VENTAJAS

Accionamiento hidromecánico con leve presión manual y cierre automático en aproximadamente 6 segundos;  
Práctico sistema que asegura una larga vida útil, resistencia a la depredación y una mayor higiene: Una vez activado, el usuario ya no tiene más contacto con el producto;  
Acompaña restrictor de caudal;  
El aireador empotrado, además de garantizar ahorro de agua, confort para las manos y evitar salpicaduras, deja el aspecto del pico más clean;  
Acabado cromado en doble de níquel, que proporciona alta durabilidad y mayor resistencia a la corrosión, conservando la belleza y el brillo de los productos por mucho más tiempo.

### GARANTÍA

Llame el Distribuidor Autorizado Docol en ese País.

### CURVA DE CAUDAL



### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

PRESIÓN	3 - 57 PSI
DIÁMETRO	1/2" (DN15)
COMPOSICIÓN	Producto compuesto de una aleación de cobre, plástico de ingeniería, Zamac.
TEMPERATURA MÁXIMA	40°C

Apéndice 6. Cotización de sensores dual MDC-50L de EAGLE

0001 ALMACENES EL COLONO S.A (GUAPILES)

3-101-082969

Telef.: 2713-1000 Fax: 2710-6745

25 NORTE DEL BANCO DE COSTA RICA SUCURSAL GUAPILES

¡QUÉDATE EN CASA! PARA COORDINAR TU ENTREGA LLÁMANOS AL 2713-1111 O ESCRÍBENOS AL WHATSAPP 6055-7181

**FACTURA PROFORMA**

Cliente : 999999 FABIAN MONGE

Cuenta : 999 CLIENTE DE CONTADO(9999)

Vend. : 0213 JOSHUA ELIZONDO LOPEZ

Dir. : DIRECCION

Número : 2302386

Plazo : 6 días

Fecha : 10/07/2020

Cantidad	Codigo	Nombre	Presentacion	Bod. Ubi.	Precio Unitario	Precio Linea
1.000	Z99	EAG SENSOR DE TECHO BAJO MDC-50L	UND	0001 02	15,728.18	15,728.18 *
1.000	Z99	EAG POWER PACK 120/230 MPP-24	UND	0001 02	12,996.76	12,996.76 *
1.000	Z99	EAG SENSOR DE TECHO	UND	0001 02	15,728.18	15,728.18 *
Última Línea						

Apéndice 7. Cotización llaves push Alfa de Docol



CARRETERA PRINCIPAL A PAVAS, FRENTE A LA ARTISTICA

Teléfono: 2291-3857

E-mail: ccordero@elmec.net

Fax: 2291-3853

**COTIZACIÓN**

Fecha: 09-07-2020 04:50 PM

Cotizacion #: 198911

Cliente: 0 FABIAN MONGE

Comentario: ESCUELAS

Condición: CONTADO

Teléfono: 2246-0303

Fax:

O.C.:

E-mail:

Pag.: 1/1

Cant.	Unid.	Código Producto	Descripción del Producto		Precio	%	Total
1	PZA	DC-00446106	GRIFO D/MESA PRESSMATIC ALFA		\$57.0000		\$57.00
1	PZA	DC-00595806	GRIFO PARED LAV PRESSMATIC CRO		\$60.0000		\$60.00
1	PZA	DC-98719306	PICO HOSPITALARIO P/LAV D/MESA		\$32.0000		\$32.00
1	PZA	DC-00490906	VALVULA PEDALMATIC CR		\$120.0000		\$120.00

\*\*\* COTIZACIÓN VALIDA POR 15 DÍAS \*\*\*

SUB_TOTAL	\$269.00
I.V.A.	\$34.97
TOTAL	\$303.97
MONEDA	DOLAR

Apéndice 8. Cotización Luces LED de alta potencia OSRAM



**Suplidora Cartago, Ltda.**

Céd. Jurídica: 3-102-657605  
Teléfono: (506) 2552-4636 Fax: (506) 2552-4684  
50 Mtrs Este de Centro Comercial Metrocentro.  
Apartado: 212-1017 San José 2000  
E-mail: info.cartago@gdiez.com  
www.gdiez.com

Fecha: **01-02-2019**

**Cotización**

**CO-059626**

Vendedor

**JULIO MONTENEGRO**

**Orden:**

Cliente: **INSTITUTO TECNOLOGICO DE COSTA RICA**  
Dirección: **CARTAGO CALLE 15 1.MK DE LÑA BASILICA**  
Teléfono : **DE LOS ANGELES 506-25502000** Fax: -  
Observaciones:

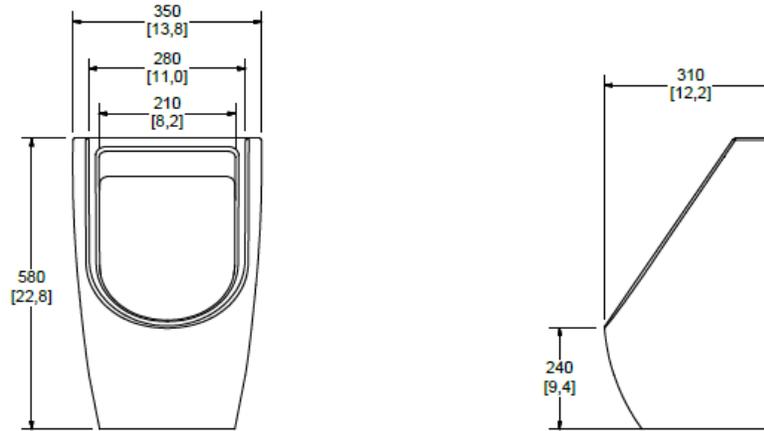
Cuenta  
**03144**

Código	Descripción	Cant.	Precio Colones	Total Colones
02	BOMBILLO LED 100W LED OSRAM 9500LM E40 100-277V 86295 25MIL HORA 3 AÑOS GARANTIA ENTREGA 15-20 DIAS HABILES	1.00	43,350.00	43,350.00
02	BOMBILLO LED 100W LED SYLVANIA E27 9000LM 100-277V 25MIL HORAS ENTREGA 15-20 DIAS HA	1.00	32,760.00	32,760.00

**HELVEX**<sup>MA</sup>  
garantía de calidad

## MG MOJAVE TDS2

Mingitorio Seco Mojave® con Sistema TDS2® (Tecnología Drena y Sella)  
Mojave® Waterless Urinal with TDS2® (Drains and Seals Technology)



Medidas Referenciales / Estimated Dimensions, Aool. mm [pulg.] / Dim. mm [Inch.]

### CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

Atractivo diseño con operación sin contacto, de fácil instalación, rápida y simple sustitución del Sistema TDS2, no utiliza gel ni tubería de suministro de agua, utiliza tecnología drena y sella TDS2®.

**MATERIAL:**

Cerámica porcelanizada de alto brillo  
Cuerpo del cartucho: polipropileno de alta densidad  
Base del cartucho: teflón

**ACCESORIOS:**

Incluye kit para mingitorio seco  
Incluye ancla para fijación de ac. inox. y tornillos

**INSTALACIÓN:**

Conexión a la descarga Ø 38 mm (1,5")

**GARANTÍA:**

Helvex, S. A. de C. V. garantiza sus productos cerámicos como libres de defectos en materiales y procesos de fabricación por 30 años. En los herrajes por defectos de manufactura por 5 años. En el dispositivo TDS en el mingitorio seco por 3 años. Tapa y asiento por un periodo de 2 años. La vigencia de la garantía inicia a partir de la fecha de entrega del producto al consumidor indicada en esta Póliza de Garantía.

### PRODUCT FEATURES

Attractive design with non-contact operation, easy installation, fast and simple replacement of the TDS2 system, do not use gel or water supply pipe, drain and seal technology uses TDS2®.

**MATERIALS:**

High gloss ceramic  
Body cartridge: High density polypropylene  
Base cartridge: Teflon

**ACCESSORIES:**

Waterless urinal kit  
Includes setting kit

**INSTALLATION:**

Inlet Thread Ø 38 mm (1,5")

**WARRANTY:**

HELVEX S. A. de C. V. guarantees its chinaware to be free of defects in materials and workmanship for 30 years. 5 years for the seat, cover and fittings. 5 years warranty for the hardware for manufacturing defects. 3 years warranty for the TDS device in the dry urinal. 2 years warranty for the cover and seat. The validity of the guarantee starts from the date of delivery of the product to the consumer indicated in this Guarantee Policy.