



**Apoyo en la realización de estudios de gestión energética para la optimización del  
consumo de energía eléctrica de la empresa Crystal.**

Santiago Gómez Valencia

Informe de práctica para optar al título de Ingeniero Eléctrico

Asesor

Jaime Alejandro Valencia Velásquez

Doctor PhD en área de ingeniería

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Eléctrica

Medellín, Antioquia, Colombia

2025

Cita	Gómez Valencia [1]
<b>Referencia</b> Estilo IEEE (2020)	[1] S. Gómez Valencia, “Apoyo en la realización de estudios de gestión energética para la optimización del consumo de energía eléctrica de la empresa Crystal.”, Trabajo de grado profesional, Ingeniería Eléctrica, Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia, 2025.



Centro de documentación ingeniería (CENDOI)

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda

**Decano:** Julio César Saldarriaga Molina

**Jefe departamento:** Noé Alejandro Mesa Quintero

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## **Dedicatoria**

A mi madre, que ha sido y sigue siendo un apoyo incondicional no solo en este bonito camino de la academia, sino también en todos los aspectos de mi vida.

## **Agradecimientos**

Agradecimientos especiales a la Universidad de Antioquia por tantas experiencias y conocimientos brindados, así como a la empresa Crystal por permitirme realizar mis prácticas académicas en sus instalaciones, en las cuales adquirí y reforcé muchos conocimientos.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .....	7
ABSTRACT .....	8
I. INTRODUCCIÓN.....	9
II. OBJETIVOS .....	10
A. Objetivo general .....	10
B. Objetivos específicos .....	10
III. MARCO TEÓRICO .....	11
IV. METODOLOGÍA.....	13
V. RESULTADOS .....	15
VI. ANÁLISIS.....	39
VII. CONCLUSIONES .....	40
REFERENCIAS .....	41

## LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Vista superior del lugar de estudio.....	14
Fig. 2. Objeto 3D de la zona de estudio incluyendo luminarias.....	15
Fig. 3. Ficha técnica de la luminaria P23754-LED HIGHBAY 200W CW GC350 DIM .....	16
Fig. 4. Tabla 410.1 del RETILAP .....	16
Fig. 5. Tabla 410.4. Uniformidades y relación entre iluminancias de áreas circundantes inmediatas al área de tarea .....	17
Fig. 6. Resultados de Dialux para la mesa 1 .....	17
Fig. 7. Resultados de Dialux para la mesa 2 .....	17
Fig. 8. Distancia entre los centros de las luminarias .....	18
Fig. 9. Distancia entre el extremo izquierdo de la zona y el centro de la luminaria izquierda .....	18
Fig. 10. Distancia entre el lateral izquierdo de la zona y el centro de la luminaria izquierda.....	18
Fig. 11. Bodega de materia prima .....	20
Fig. 12. Bodega de materia prima simulada en Dialux .....	20
Fig. 13. Tabla 410.1 del RETILAP .....	21
Fig. 14. Tabla 410.4. Uniformidades y relación entre iluminancias de áreas circundantes inmediatas al área de tarea. ....	21
Fig. 15. Tabla de luminarias del catálogo de Sylvania.....	21
Fig. 16. Resultados de la simulación de Dialux para el pasillo 1 en la propuesta 1 .....	22
Fig. 17. Resultados de la simulación de Dialux para el pasillo 2 en la propuesta 1 .....	22
Fig. 18. Resultados de la simulación de Dialux para el pasillo 3 en la propuesta 1 .....	23
Fig. 19. Resultados de la simulación de Dialux para el pasillo 4 en la propuesta 1 .....	23
Fig. 20. Resultados de la simulación de Dialux para el pasillo 5 en la propuesta 1 .....	24
Fig. 21. Medidas de instalación de las luminarias obtenidas en Dialux en la propuesta 1 .....	24
Fig. 22. Tabla de luminarias del catálogo de Sylvania.....	25
Fig. 23. Resultados de la simulación de Dialux para el pasillo 1 en la propuesta 2 .....	25
Fig. 24. Resultados de la simulación de Dialux para el pasillo 2 en la propuesta 2. ....	26
Fig. 25. Resultados de la simulación de Dialux para el pasillo 3 en la propuesta 2 .....	26
Fig. 26. Resultados de la simulación de Dialux para el pasillo 4 en la propuesta 2 .....	27
Fig. 27. Resultados de la simulación de Dialux para el pasillo 5 en la propuesta 2 .....	27
Fig. 28. Medidas de instalación de las luminarias obtenidas en Dialux en la propuesta 2 .....	28
Fig. 29. Vista 1 externa de la zona de calderas en Dialux.....	30
Fig. 30. Vista 2 externa de la zona de calderas en Dialux.....	30
Fig. 31. Vista externa de la zona de calderas con texturas de luz en Dialux .....	31

## LISTA DE FIGURAS

Fig. 32. Vista interna de la zona de calderas en Dialux .....	31
Fig. 33. Vista interna de la zona de calderas con texturas de luz en Dialux .....	32
Fig. 34. Tabla 410.1 del RETILAP .....	32
Fig. 35. Tabla 410.4. Uniformidades y relación entre iluminancias de áreas circundantes inmediatas al área de tarea .....	33
Fig. 36. Tabla 510.3 b. Fotometría mínima en áreas críticas distintas a vías vehiculares .....	33
Fig. 37. Resultados de la simulación de Dialux para el recinto de calderas en la propuesta 1 .....	34
Fig. 38. Medidas de instalación de las luminarias obtenidas en Dialux para el recinto de calderas en la propuesta 1.....	34
Fig. 39. Resultados de la simulación de Dialux para el sendero externo en la propuesta 1 .....	35
Fig. 40. Medidas de instalación de las luminarias obtenidas en Dialux para el sendero externo en la propuesta 1 .....	35
Fig. 41. Resultados de la simulación de Dialux para el recinto de calderas en la propuesta 2 .....	36
Fig. 42. Medidas de instalación de las luminarias obtenidas en Dialux para el recinto de calderas en la propuesta 2.....	36
Fig. 43. Resultados de la simulación de Dialux para el sendero externo en la propuesta 2.....	37
Fig. 44. Medidas de instalación de las luminarias obtenidas en Dialux para el sendero externo en la propuesta 2.....	37
Fig. 45. Resultados de la simulación de Dialux para el recinto de calderas en la propuesta 3 .....	38
Fig. 46. Medidas de instalación de las luminarias obtenidas en Dialux para el recinto de calderas en la propuesta 3 .....	38
Fig. 47. Resultados de la simulación de Dialux para el sendero externo en la propuesta 3.....	39
Fig. 48. Medidas de instalación de las luminarias obtenidas en Dialux para el sendero externo en la propuesta 3 .....	39
Fig. 49. Máquina Teñidora.....	41
Fig. 50. Motor MS71B – 4.....	42
Fig. 51. Placa motor MS71B – 4.....	42
Fig. 52. Equivalente Weg del Motor MS71B – 4.....	42
Fig. 53. Motor Y-IE3-160L-4 .....	43
Fig. 54. Placa motor Y-IE3-160L-4 .....	43
Fig. 55. Equivalente Weg del Motor Y-IE3-160L-4.....	43
Fig. 56. Motor H-IE3-90L2.....	44
Fig. 57. Placa motor H-IE3-90L2.....	44
Fig. 58. Equivalente Weg del Motor H-IE3-90L2 .....	45

## LISTA DE FIGURAS

Fig. 59. Motor YE2-DL-100L1-4 .....	45
Fig. 60. Placa motor YE2-DL-100L1-4 .....	46
Fig. 61. Equivalente Weg del Motor YE2-DL-100L1-4 .....	46
Fig. 62. Motor YE3-90L-2 .....	46
Fig. 63. Placa motor YE3-90L-2 .....	47
Fig. 64. Equivalente Weg del Motor YE3-90L-2 .....	47
Fig. 65. Motor TA 80B6 .....	47
Fig. 66. Placa motor TA 80B6 .....	48
Fig. 67. Equivalente Weg del Motor TA 80B6 .....	48
Fig. 68. Motor YE3-90L-4 .....	48
Fig. 69. Placa motor YE3-90L-4 .....	49
Fig. 70. Equivalente Weg del Motor YE3-90L-4 .....	49
Fig. 71. Motor YE3-90L-4 .....	49
Fig. 72. Placa motor YE3-90L-4 .....	50
Fig. 73. Equivalente Weg del Motor YE3-90L-4 .....	50
Fig. 74. Motor MSE3-80B-4 .....	50
Fig. 75. Placa motor MSE3-80B-4 .....	51
Fig. 76. Equivalente Weg del Motor MSE3-80B-4 .....	51
Fig. 77. Tabla genérica en Excel para comparativa de gasto energético anual entre motores antiguos y Weg .....	51
Fig. 78. Comparativa de gasto anual entre motor MS71B – 4 y su equivalente Weg .....	52
Fig. 79. Comparativa de gasto anual entre motor Y-IE3-160L-4 y su equivalente Weg .....	52
Fig. 80. Comparativa de gasto anual entre motor H-IE3-90L2 y su equivalente Weg .....	52
Fig. 81. Comparativa de gasto anual entre motor YE2-DL-100L1-4 y su equivalente Weg .....	53
Fig. 82. Comparativa de gasto anual entre motor YE3-90L-2 y su equivalente Weg .....	53
Fig. 83. Comparativa de gasto anual entre motor TA 80B6 y su equivalente Weg .....	53
Fig. 84. Comparativa de gasto anual entre motor YE3-90L-4 y su equivalente Weg .....	54
Fig. 85. Comparativa de gasto anual entre motor YE3-90L-4 y su equivalente Weg .....	54
Fig. 86. Comparativa de gasto anual entre motor MSE3-80B-4y su equivalente Weg .....	54
Fig. 87. Proceso de planificación energética sugerido por la norma ISO 50001 .....	56
Fig. 88. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM Mar_Cim_R en el período analizado .....	56
Fig. 89. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarCapCim en el período	

## LISTA DE FIGURAS

analizado .....	57
Fig. 90. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarCapGral en el período analizado.....	58
Fig. 91. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarCompH en el período analizado.....	58
Fig. 92. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarConfecc en el período analizado.....	59
Fig. 93. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarCorte1 en el período analizado..	59
Fig. 94. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarCorte2 en el período analizado..	60
Fig. 95. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarElliot en el período analizado....	60
Fig. 96. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarGralAir en el período analizado.....	61
Fig. 97. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarHilatur en el período analizado .	62
Fig. 98. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarTotTR3 en el período analizado.....	62
Fig. 99. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarUMAS en el período analizado.....	63
Fig. 100. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarTint2 en el período analizado ..	63
Fig. 101. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarTejCirc en el período analizado.....	64
Fig. 102. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarTejCalc en el período analizado.....	64
Fig. 103. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarSolar en el período analizado ..	65
Fig. 104. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarServid en el período analizado.....	66
Fig. 105. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarSecUMAS en el período analizado.....	67
Fig. 106. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarSecc en el período analizado ...	67
Fig. 107. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarLabTint en el período analizado.....	68
Fig. 108. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarKemco en el período analizado.....	69
Fig. 109. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarHilos1 en el período analizado.....	69
Fig. 110. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarHilos2 en el período analizado.....	70
Fig. 111. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarCalINS en el período analizado.....	70



## LISTA DE FIGURAS

Fig. 112. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarCalINS en el período analizado.....	71
Fig. 113. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarBlower en el período analizado.....	71
Fig. 114. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarAutotex en el período analizado.....	72
Fig. 115. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarAntides en el período analizado.....	72
Fig. 116. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarAcab en el período analizado ..	73
Fig. 117. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM Mar_Crys_R en el período analizado.....	73
Fig. 118. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM Mar_CimInd en el período analizado.....	74
Fig. 119. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarAguaInd en el período analizado.....	74
Fig. 120. Diagrama unifilar de los PM's de Crystal.....	76
Fig. 121. PM's asociados a los transformadores 1-2-1, 1-3-1 y 1-4-1 .....	76
Fig. 122. PM's asociados a los transformadores 1-5-1, 1-5-2 y 1-6-1 .....	77
Fig. 123. PM's asociados a los transformadores 1-7-1, 1-8-1 y 1-9-1 .....	77
Fig. 124. PM's asociados al transformador 2.....	78
Fig. 125. PM's asociados al transformador 3.....	78

## SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

<b>Dialux</b>	Software de diseño lumínico
<b>AutoCAD</b>	Diseño asistido por computadora
<b>kWh</b>	Kilovatio hora
<b>kV</b>	Kilovoltio
<b>kW</b>	Kilovatio
<b>kVA</b>	Kilovoltio-amperio
<b>EPM</b>	Empresas Públicas de Medellín
<b>RETIE</b>	Reglamento técnico de instalaciones eléctricas
<b>RETILAP</b>	Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público
<b>ISO</b>	Organización Internacional de Normalización
<b>FP</b>	Factor de potencia
<b>PM</b>	Analizador de redes
<b>HP</b>	Caballos de fuerza
<b>Mar_Cim_R</b>	Marinilla Cimarronas Residual
<b>MarCapCim</b>	Marinilla Captación Cimarronas
<b>MarCapGral</b>	Marinilla Captación General
<b>MarCompH</b>	Marinilla Compresor H
<b>MarConfecc</b>	Marinilla Confecciones
<b>MarCorte1</b>	Marinilla Corte 1
<b>MarCorte2</b>	Marinilla Corte 2
<b>MarElliot</b>	Marinilla Elliot
<b>MarGralAir</b>	Marinilla General Aire
<b>MarHilatur</b>	Marinilla Hilaturas
<b>MarTotTR3</b>	Marinilla Totalizador transformador 3
<b>MarUMAS</b>	Marinillas Unidades Manejadoras de Aire
<b>MarTint2</b>	Marinilla Tintorería 2
<b>MarTejCirc</b>	Marinilla Tejido Circular
<b>MarTejCalc</b>	Marinilla Tejido Calcetines
<b>MarSolar</b>	Marinilla Solar
<b>MarServid</b>	Marinilla Servidores
<b>MarSecUMAS</b>	Marinilla Secadoras y Unidades Manejadoras de Aire
<b>MarSecc</b>	Marinilla Seccionador transformador 1
<b>MarLabTint</b>	Marinilla Laboratorio Tintorería
<b>MarKemco</b>	Marinilla Kemco

## SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

<b>MarHilos1</b>	Marinilla Hilos 1
<b>MarHilos2</b>	Marinilla Hilos 2
<b>MarCalINS</b>	Marinilla Caldera marca JCT
<b>MarCald</b>	Marinilla Calderas
<b>MarBlower</b>	Marinilla Blower
<b>MarAutotex</b>	Marinilla Autotex
<b>MarAntides</b>	Marinilla Antideslizante
<b>MarAcab</b>	Marinilla Acabados
<b>Mar_Crys_R</b>	Marinilla Crystal Recepción
<b>Mar_CimInd</b>	Marinilla Cimarronas Industrial
<b>MarAguaInd</b>	Marinilla Agua Industrial

## RESUMEN

El sector industrial es uno de los principales consumidores de energía eléctrica, lo que hace que sea esencial buscar y aplicar soluciones que hagan este consumo más eficiente, respetuoso con el medio ambiente y seguro para los trabajadores involucrados en los procesos productivos. Este enfoque se aplica especialmente en el caso de la empresa Crystal.

El objetivo principal de este trabajo es optimizar el consumo de energía eléctrica en Crystal a través de la realización de estudios eléctricos y la implementación de prácticas sostenibles. Esto tiene como fin reducir los costos energéticos y disminuir el impacto ambiental, sin comprometer la seguridad ni el bienestar de los empleados. Para lograr este objetivo, se sigue una metodología que incluye diversas actividades orientadas a identificar y aplicar mejoras en el consumo eléctrico de la empresa. Los resultados obtenidos y las conclusiones derivadas de estos estudios proporcionan soluciones y recomendaciones que abordan el tema del uso de la energía en Crystal, las cuales se detallarán en el desarrollo de este documento.

***Palabras clave*** — **Energía eléctrica, Eficiencia energética, Bienestar laboral, Sostenibilidad**

## ABSTRACT

The industrial sector is one of the main consumers of electricity, which makes it essential to seek and implement solutions that make this consumption more efficient, environmentally friendly, and safe for the workers involved in the production processes. This approach is particularly applied in the case of the company Crystal.

The main objective of this work is to optimize electricity consumption at Crystal through electrical studies and the implementation of sustainable practices. The goal is to reduce energy costs and minimize environmental impact, while ensuring the safety and well-being of employees are not compromised. To achieve this objective, a methodology is followed that includes various activities aimed at identifying and implementing improvements in the company's electricity consumption. The results obtained and the conclusions derived from these studies provide solutions and recommendations related to energy use at Crystal, which will be detailed in the course of this document.

***Keywords*** — **Electrical energy, energy efficiency, occupational well-being, and sustainability**

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la eficiencia energética se ha convertido en un pilar fundamental para la sostenibilidad empresarial, impulsada por la creciente conciencia sobre el cambio climático y la necesidad de optimizar los recursos naturales. Las empresas están cada vez más enfocadas en reducir su impacto ambiental y mejorar su competitividad mediante la implementación de estrategias energéticas efectivas. Crystal, una empresa líder en el sector textil, reconoce la importancia de estos desafíos y busca alinear sus operaciones con los altos estándares en términos de eficiencia y sostenibilidad. Esta orientación responde a una demanda global de prácticas empresariales responsables y a las crecientes regulaciones ambientales que promueven un uso más eficiente de la energía.

Actualmente, la empresa Crystal enfrenta desafíos significativos en la gestión de su consumo eléctrico, lo cual representa una proporción considerable de sus costos operativos. La iluminación en las diversas zonas de trabajo y la eficiencia de los motores eléctricos utilizados en los procesos productivos son áreas clave donde se identifican oportunidades para mejorar. Los estudios preliminares han señalado que, aunque la empresa cumple con los requisitos básicos, existen deficiencias en la implementación de tecnologías y prácticas que podrían reducir considerablemente el consumo energético.

El problema se vuelve de mayor preocupación con la creciente presión para cumplir con reglamentos eléctricos y de iluminación, como el RETILAP y el RETIE, y la necesidad de garantizar un entorno laboral seguro para los empleados. La falta de eficiencia en estos aspectos no solo repercute en mayores costos para la empresa, sino que también tiene implicaciones negativas para el medio ambiente y la salud de los trabajadores.

La optimización del consumo eléctrico es crucial no solo para reducir los costos operativos, sino también para cumplir con las exigencias normativas y contribuir a la sostenibilidad ambiental. Es por esto que se hace necesario implementar soluciones eficientes en iluminación y equipos eléctricos basados en la norma ISO 50001, así como los ya mencionados reglamentos RETIE Y RETILAP. Esto no solo permitirá a Crystal disminuir su huella de carbono, sino que también mejorará las condiciones laborales al crear un ambiente de trabajo más saludable. La reducción de costos energéticos y la minimización del impacto ambiental fortalecerán la posición competitiva de la empresa, alineándola con las mejores prácticas del

---

sector y mejorando su imagen corporativa ante clientes y socios comerciales.

Este enfoque no solo responde a una necesidad económica, sino también a una responsabilidad social y ambiental, demostrando el compromiso de Crystal con la sostenibilidad y el bienestar de sus empleados. La implementación de tecnologías avanzadas y prácticas sostenibles servirá como modelo para otras empresas en la industria, destacando la importancia de la eficiencia energética en la gestión empresarial moderna.

La propuesta de este proyecto se basa en un enfoque integral para la optimización del consumo eléctrico en Crystal. En primer lugar, se realizarán estudios detallados de iluminación en las diferentes zonas de trabajo para identificar oportunidades de mejora y garantizar el cumplimiento del reglamento RETILAP. La evaluación de los motores eléctricos utilizados en los procesos de la empresa permitirá determinar la viabilidad de reemplazarlos por opciones de alta eficiencia, lo que contribuirá a una reducción significativa del consumo energético. Además, se ofrecerá apoyo continuo en las actividades de mantenimiento y mejoras eléctricas, asegurando una implementación efectiva de las soluciones propuestas.

## II. OBJETIVOS

### *A. Objetivo general*

Optimizar el consumo eléctrico de la empresa Crystal mediante la implementación de estudios eléctricos y prácticas sostenibles, con el fin de reducir costos energéticos y minimizar el impacto ambiental, garantizando al mismo tiempo un ambiente de trabajo saludable para los empleados.

### *B. Objetivos específicos*

- Realizar estudios de iluminación en diferentes zonas de trabajo de la empresa Crystal para identificar oportunidades de mejora que permitan reducir el consumo energético y aseguren el cumplimiento del reglamento RETILAP.
- Llevar a cabo un análisis energético de los motores eléctricos asociados a ciertos procesos de la empresa, con el propósito de evaluar la viabilidad de reemplazarlos por motores de alta eficiencia y así optimizar el consumo eléctrico.
- Apoyar las actividades de mantenimiento y mejoras eléctricas que surjan durante el desarrollo de las prácticas en la empresa, asegurando la correcta implementación de soluciones que contribuyan a la optimización del consumo energético y el bienestar de los empleados.



---

### III. MARCO TEÓRICO

La eficiencia energética es un concepto fundamental en la gestión moderna de la energía, que busca utilizar menos energía para realizar la misma cantidad de trabajo, reduciendo así los costos y el impacto ambiental. La Agencia Internacional de Energía (IEA) define la eficiencia energética como un elemento clave para alcanzar una reducción significativa en el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero [1]. Las mejoras en la eficiencia energética pueden lograrse mediante la modernización de equipos, la implementación de tecnologías avanzadas y la optimización de procesos operativos con base a la norma ISO 50001 [2]. Estas medidas no solo reducen los gastos energéticos, sino que también promueven la sostenibilidad ambiental.

Los estudios de iluminación en ambientes industriales son esenciales para identificar oportunidades de mejora en la eficiencia energética. La regulación de sistemas de iluminación está sujeta a normativas específicas, como el Reglamento Técnico de Eficiencia Energética de las Instalaciones de Alumbrado Público (RETILAP), que establece los estándares para garantizar que los sistemas de iluminación cumplan con requisitos de eficiencia energética y sostenibilidad [3].

Los motores eléctricos constituyen una parte crucial del consumo energético en la industria. De acuerdo con el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas en Colombia (RETIE), se establecen requisitos para la eficiencia energética de los motores eléctricos, promoviendo la adopción de equipos más eficientes que cumplan con las normativas vigentes [4]. Un análisis energético de estos motores puede revelar la necesidad de reemplazarlos por versiones más eficientes, como los motores de alta eficiencia clasificados IE4 e IE5, que ofrecen una reducción notable en el consumo de energía y los costos operativos [5].

El mantenimiento adecuado de las instalaciones eléctricas es fundamental para asegurar la eficiencia operativa y la seguridad. La implementación de un programa de mantenimiento preventivo y correctivo puede evitar fallos costosos y mejorar la eficiencia energética del sistema [6]. Además, las mejoras en las instalaciones, como la actualización de sistemas de control y la incorporación de tecnologías de monitoreo, contribuyen a una gestión energética más efectiva, optimizando el rendimiento y reduciendo el riesgo de fallos.

---

#### IV. METODOLOGÍA

Se llevó a cabo una metodología diferente para cumplir cada una de las actividades planteadas a realizar, las cuales se mencionan a continuación:

**Estudio energético de motores en la zona de teñido de telas:** para esta actividad se realizó un registro fotográfico de cada uno de los motores empleados para los procesos de la zona de Tintorería de Telas, de tal forma que se pudieran registrar sus placas y así obtener información de las características de cada uno de estos, luego, con esta información se procedió a hacer una comparación energética con motores de la marca WEG, los motores a comparar de la marca Weg fueron seleccionados de tal forma que se asemejaron lo máximo posible a cada uno de los motores existentes, teniendo en cuenta características como: potencia, factor de potencia, número de polos y par nominal. Finalmente, teniendo cada motor actual con su aproximado equivalente de la marca Weg, se procedió a comparar sus costos energéticos anuales por medio de Excel, esto para obtener el ahorro anual en pesos que supondría el cambiar cada motor por su equivalente de la marca Weg.

**Estudios de iluminación:** Se realizaron tres estudios de iluminación que corresponden a 3 zonas diferentes de la empresa: dos de ellas con luminaria ya existente y la restante una zona proyectada a futuro. Para estos estudios se tuvieron en cuenta los planos arquitectónicos(en caso de que se tuvieran) o el registro manual de medidas(en caso de no tener planos) de cada zona, esto para tener información espacial y así lograr una simulación más precisa en el software Dialux, software que permitió obtener el arreglo de luminarias necesario para cada zona empleando la menor cantidad de luminarias posible (consumo mínimo) que a su vez cumpliera con los lineamientos estipulados en el RETILAP para cada zona en concreto.

**Análisis de consumo eléctrico de cada zona de la empresa:** Para esta actividad se tomaron los datos de consumo de energía eléctrica medidos por los PM's (analizadores de redes) que registran parámetros eléctricos diarios, esto en un período de tiempo comprendido entre el 1 de enero de 2024 y el 31 de agosto de 2024, posteriormente se analizaron gráficamente estos datos por medio de excel informando aspectos importantes como: picos de consumo inusuales, falta de registros de medición, tendencias de consumo inusuales, etc, de forma que se tomaran las respectivas medidas correctivas según la anomalía específica.

**Actualización diagrama unifilar de los PM's:** Para esta actividad se tomó registro de todas las adiciones y sustracciones de PM's que sucedieron en la empresa, luego de conocer los nuevos PM's adicionados y retirados, se hicieron las respectivas modificaciones necesarias en el diagrama unifilar que contiene todos los PM's de la empresa, utilizando el software AutoCad.

## V. RESULTADOS

En este apartado se presentan los resultados obtenidos en cada una de las actividades que llevaron al cumplimiento de los objetivos general y específicos planteados desde el inicio de las prácticas, se presenta entonces cada objetivo específico y los resultados de las actividades asociadas a estos, que en su conjunto significan el cumplimiento del objetivo general.

- Realizar estudios de iluminación en diferentes zonas de trabajo de la empresa Crystal para identificar oportunidades de mejora que permitan reducir el consumo energético y aseguren el cumplimiento del reglamento RETILAP.

Primer estudio de iluminación: Zona futura de registro de materia prima de enconado:

Esta zona todavía no existe físicamente como tal, por lo que no se tiene registro fotográfico físico de esta.

Como en este caso no se tenían los planos arquitectónicos, se procedió a hacer las mediciones de la zona de forma manual, luego de tener estas dimensiones fue posible generar el objeto 3D en Dialux que modela dicha zona y así proceder con las simulaciones:

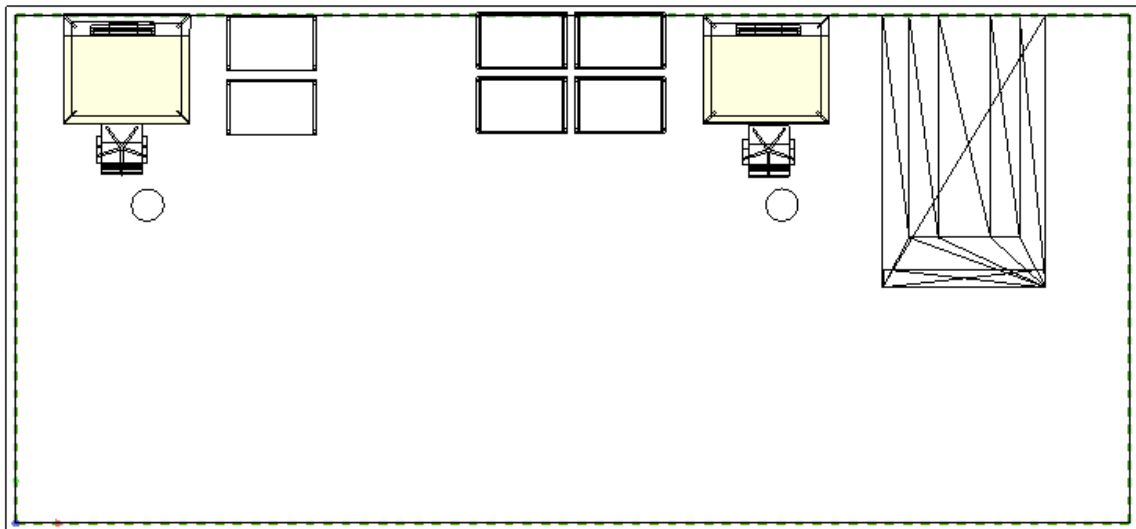


Fig. 1. Vista superior del lugar de estudio.

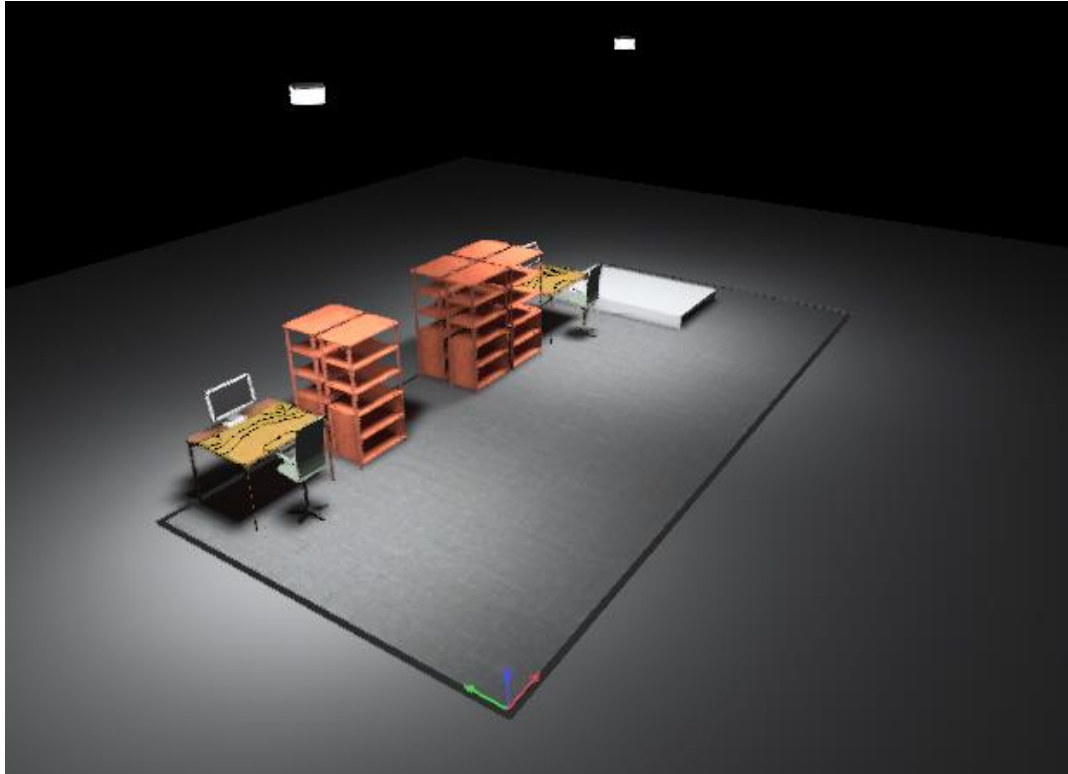


Fig. 2. Objeto 3D de la zona de estudio incluyendo luminarias.

Luego de tener el espacio definido en Dialux, se procedió a insertar el archivo fotométrico de las luminarias que el ingeniero de proyectos dictaminó a usar, el cual contiene la luminaria con todas sus características. En este caso fueron las luminarias de la marca Sylvania, más concretamente la referencia P23754-LED HIGHBAY 200W CW GC350 DIM, cuya ficha técnica es la siguiente -añadir referencia-:

## LED HIGH BAY GC350 DIM

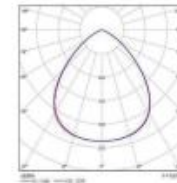


### Características

- Diseñada para mejorar la calidad de iluminación en bodegas, plantas de producción e instalaciones comerciales de grandes superficies y altura, reduciendo costos de energía y mantenimiento.
- Estructura compacta y robusta con chasis de aluminio inyectado.
- Clasificación de seguridad eléctrica: Clase I
- Luminaria con alta eficacia de hasta 130lm/W.
- Temperatura ambiente de operación: -25 °C - 45 °C.
- Gancho para instalación en alturas.



Watt	Ø (mm)	L (mm)
150W	360	205
200W / 240W	430	205



CÓDIGO	POTENCIA (W)	TENSIÓN DE OPERACIÓN (V)	FLUJO LUMINOSO (lm)	FACTOR DE POTENCIA	EFICACIA (Lm/W)	TEMPERATURA DE COLOR (k)	IRC	ANGULO (°)	VIDA ÚTIL (h)
P28753	150	100-277	19500	>0.95	130	5700	80	90	50000
P28754	200	100-277	26000	>0.95	130	5700	80	90	50000
P28755	240	100-277	31200	>0.95	130	5700	80	90	50000

\* Vida útil estimada, con mantenimiento del flujo luminoso al 70% (L70), sobre luminaria completa.

Fig. 3. Ficha técnica de la luminaria P23754-LED HIGHBAY 200W CW GC350 DIM.

A los ojos del RETILAP, se definió la zona analizada como una Oficina abierta, la cual, según la tabla 410.1 del RETILAP (que se muestra a continuación) exige que el nivel de luminancia no esté por debajo de 500 lx y que no exceda los 1000 lx, todo esto en sus zonas de trabajo.

Valores de iluminancia según el RETILAP:

TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD	UGR <sub>L</sub>	NIVELES DE ILUMINANCIA (lx)		
		Mínimo	Medio	Máximo
<b>RESOLUCIÓN No. 180540 DE Marzo 30 de 2010</b>		<b>Página 79 de 227</b>		
<b>Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público</b>				
<b>Talleres de madera y fábricas de muebles</b>				
Aserraderos	25	150	200	300
Trabajo en banco y montaje	25	200	300	500
Maquinado de madera	19	300	500	750
Terminado e inspección final	19	500	750	1000
<b>Oficinas</b>				
Oficinas de tipo general, mecanografía y computación	19	300	500	750
Oficinas abiertas	19	500	750	1000
Oficinas de dibujo	16	500	750	1000
Salas de conferencia	19	300	500	750

Fig. 4. Tabla 410.1 del RETILAP.

Ahora bien, el RETILAP también nos exige cumplir con cierto rango de valores de uniformidad, en este caso, se debe cumplir que la uniformidad para la luminancia de tarea sea mayor a 0.5.

Iluminancia de tarea (lx)	Iluminancia de áreas circundantes inmediatas (lx)
Mayor o igual a 750	500
500	300
300	200
Menor o igual a 200	$E_{tarea}$
Uniformidad ( $E_{min}/E_{prom}$ )	
Mayor o igual a 0,5	Mayor o igual a 0,4

Fig. 5. Tabla 410.4. Uniformidades y relación entre iluminancias de áreas circundantes inmediatas al área de tarea.

Vemos que por medio de la simulación realizada en Dialux, se cumplieron los rangos de los parámetros exigidos por el RETILAP:

Superficie de cálculo (Iluminancia perpendicular)		Real	Nominal
Media	803 lx	-	-
Min	643 lx	-	-
Max	910 lx	-	-
Mín./medio	0.80	-	-
Mín./máx.	0.71	-	-

Fig. 6. Resultados de Dialux para la mesa 1.

Superficie de cálculo (Iluminancia perpendicular)		Real	Nominal
Media	802 lx	-	-
Min	637 lx	-	-
Max	911 lx	-	-
Mín./medio	0.79	-	-
Mín./máx.	0.70	-	-

Fig. 7. Resultados de Dialux para la mesa 2.

Como ya se comprobó que los parámetros están dentro de lo establecido por el RETILAP, se procedió a especificar las medidas para la instalación de las luminarias mediante una vista superior de la zona:

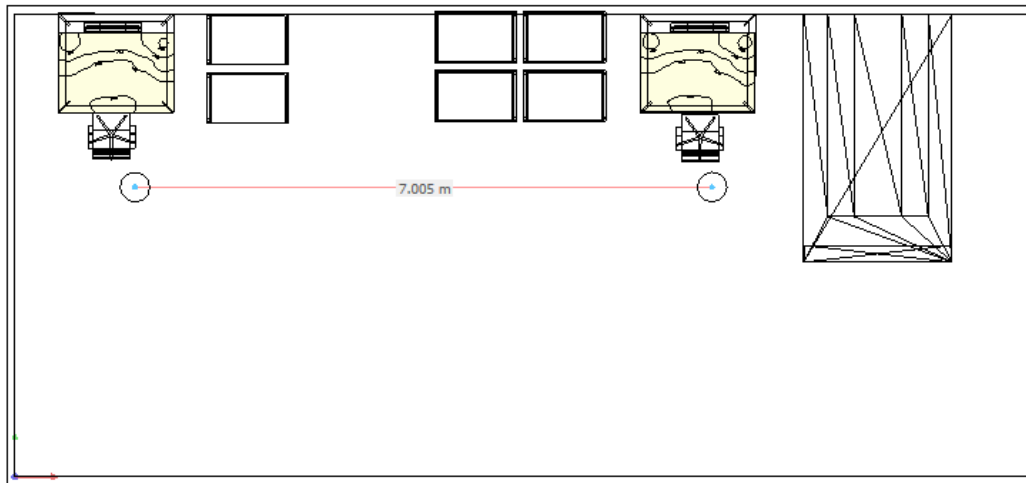


Fig. 8. Distancia entre los centros de las luminarias.

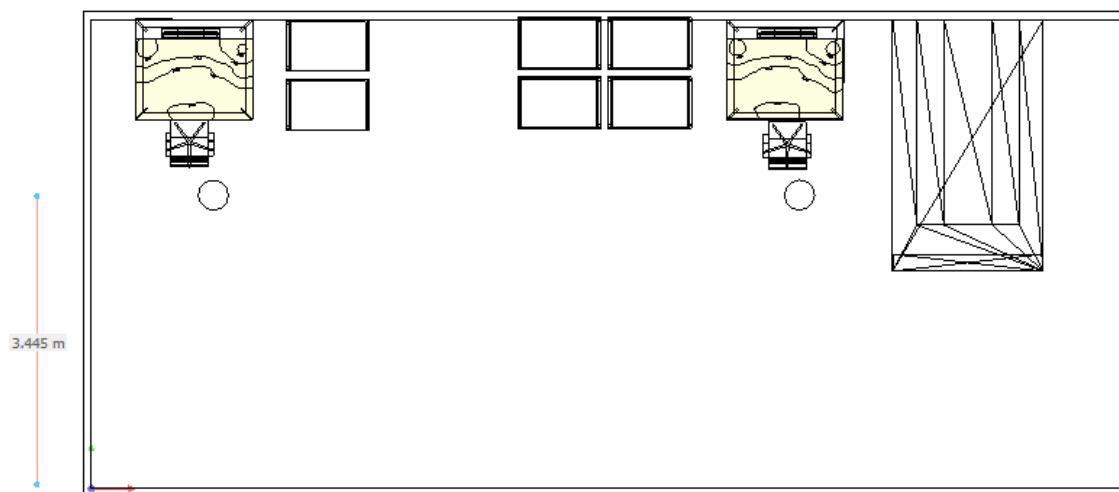


Fig. 9. Distancia entre el extremo izquierdo de la zona y el centro de la luminaria izquierda.

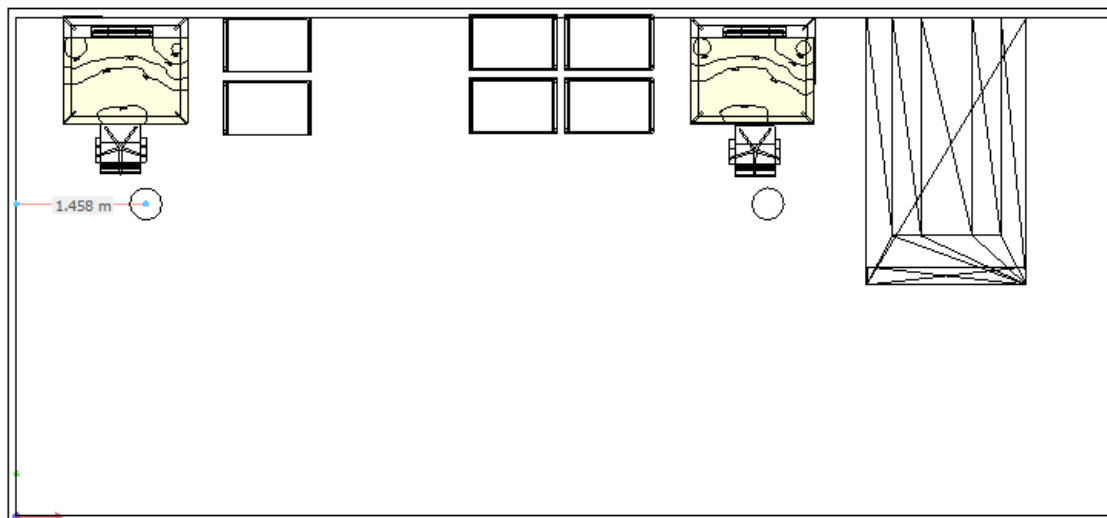


Fig. 10. Distancia entre el lateral izquierdo de la zona y el centro de la luminaria izquierda.

Las luminarias se encuentran a una altura de 5.55 m.

Finalmente, se destaca el hecho de que se buscó el arreglo de luminarias que garantizara la menor cantidad de luminarias posible y que cumpliera con lo estipulado con el RETILAP

### Segundo estudio de iluminación: Diseño de iluminación para Bodega de materia prima

En este segundo estudio se realizó un proceso análogo al primer estudio de iluminación, solo que en este caso se tienen ciertos aspectos extras a considerar:

- El ingeniero de proyectos dictaminó plantear dos propuestas diferentes, una en donde el ángulo de apertura de las luminarias fuera de 60° y otra en donde dicho ángulo fuera de 90°.
- Las luminarias a utilizar en este caso fueron las Sylvania P23752-LED HIGHBAY 100W CW GC350 DIM para la propuesta de 90° y Sylvania P23753-LED HIGHBAY 150W CW GC350 DIM para la propuesta de 60°
- Esta vez se trata de un estudio de iluminación de mejora, puesto que en este caso ya se tenían luminarias instaladas en la bodega y lo que se pretendía era: lograr reducir el consumo en iluminación para esta zona pero que se siguiera garantizando el cumplimiento del RETILAP. También se buscaba reemplazar las luminarias antiguas porque las labores de mantenimiento para dichas lámparas eran mucho más complicadas que las lámparas sylvania a proponer en este estudio.

Se definió entonces la zona analizada como una Bodega, la cual, según la tabla 410.1 del RETILAP (mostrada a continuación) exige que el nivel de luminancia no esté por debajo de 100 lx y que no exceda los 200 lx, todo esto en sus zonas de trabajo (pasillos).





Fig. 11. Bodega de materia prima.

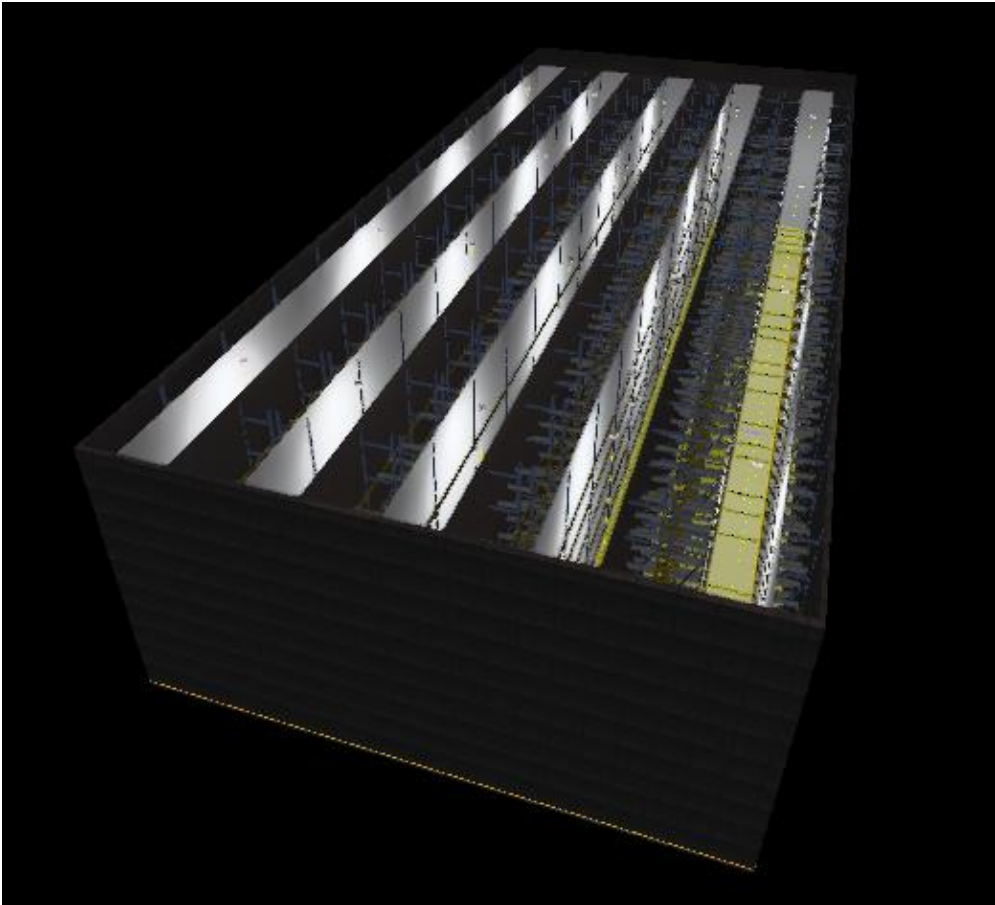


Fig. 12. Bodega de materia prima simulada en Dialux.

Valores de iluminancia según el RETILAP:

TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD	UGR <sub>L</sub>	NIVELES DE ILUMINANCIA (lx)		
		Mínimo.	Medio	Máximo
<b>Áreas generales en las edificaciones</b>				
Áreas de circulación, corredores	28	50	100	150
Escaleras, escaleras mecánicas	25	100	150	200
Vestidores, baños	25	100	150	200
Almacenes, bodegas	25	100	150	200
<b>Talleres de ensamble</b>				
Trabajo pesado, montaje de maquinaria pesada	25	200	300	500
Trabajo intermedio, ensamble de motores, ensamble de carrocerías de	22	300	500	750
Trabajo fino, ensamble de maquinaria electrónica y de oficina	19	500	750	1000
Trabajo muy fino, ensamble de instrumentos	16	1000	1500	2000

Fig. 13. Tabla 410.1 del RETILAP.

Ahora bien, el RETILAP también nos exige cumplir con cierto rango de valores de uniformidad, en este caso, se debe cumplir que la uniformidad para la luminancia de tarea sea mayor a 0.5.

Iluminancia de tarea (lx)	Iluminancia de áreas circundantes inmediatas (lx)
Mayor o igual a 750	500
500	300
300	200
Menor o igual a 200	$E_{tarea}$
<b>Uniformidad (<math>E_{min}/E_{prom}</math>)</b>	
Mayor o igual a 0,5	Mayor o igual a 0,4

Fig. 14. Tabla 410.4. Uniformidades y relación entre iluminancias de áreas circundantes inmediatas al área de tarea.

Se presentan dos propuestas, cada una con diferentes luminarias

### Propuesta 1 (Versión luminarias a 90°):

**Luminarias utilizadas:** 35 unidades de la luminaria con código P23752-36. Dicha luminaria y sus características lumínicas se resaltan a continuación:

ILUMINACIÓN LED PROFESIONAL INTERIOR- HIGHBAY									
LED HIGHBAY GC350									
Código	Descripción	Imagen	Potencia (W)	Tensión In (VAC)	Flujo Lum. (lm)	Temp. de Color (K)	Eficacia (lm/W)	Obsrv.	Embalaje
P23752-36	LED HIGHBAY 100W CW GC350 DIM		100	100-277	15000	5700	150	50H/0-10V	1
P23753-36	LED HIGHBAY 150W CW GC350 DIM		150	100-277	22000	5700	147	50H/0-10V	1
P23754-36	LED HIGHBAY 200W CW GC350 DIM		200	100-277	29000	5700	145	50H/0-10V	1
P23755-36	LED HIGHBAY 240W CW GC350 DIM		240	100-277	35000	5700	146	50H/0-10V	1

Fig. 15. Tabla de luminarias del catálogo de Sylvania.

Vemos que por medio de la simulación realizada en Dialux, se cumplieron los rangos de los parámetros de Iluminancia máxima y mínima y uniformidad exigidos por el RETILAP.

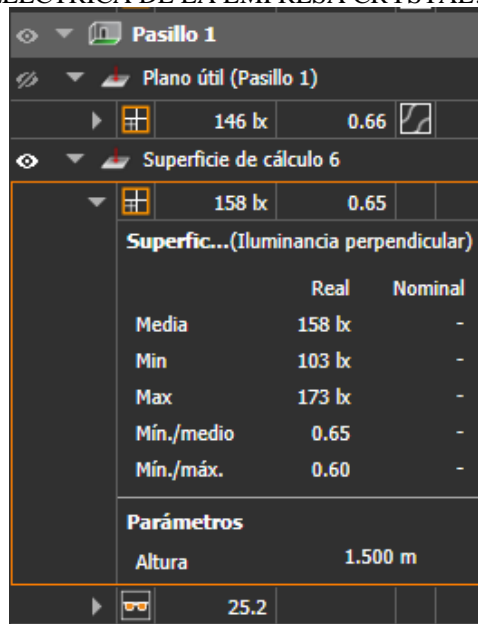


Fig. 16. Resultados de la simulación de Dialux para el pasillo 1 en la propuesta 1.

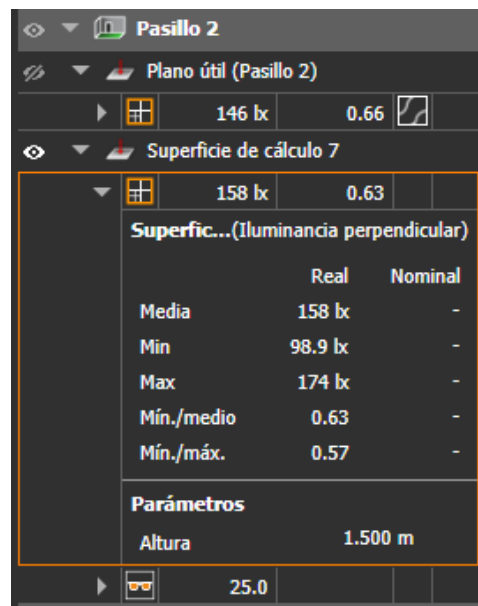


Fig. 17. Resultados de la simulación de Dialux para el pasillo 2 en la propuesta 1.

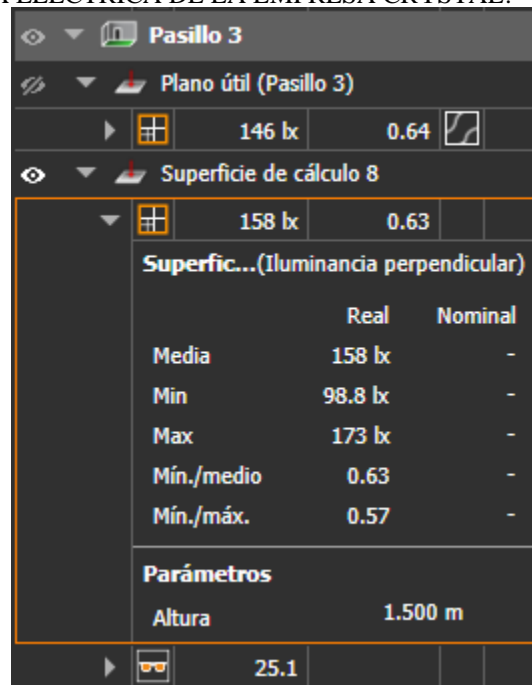


Fig. 18. Resultados de la simulación de Dialux para el pasillo 3 en la propuesta 1.

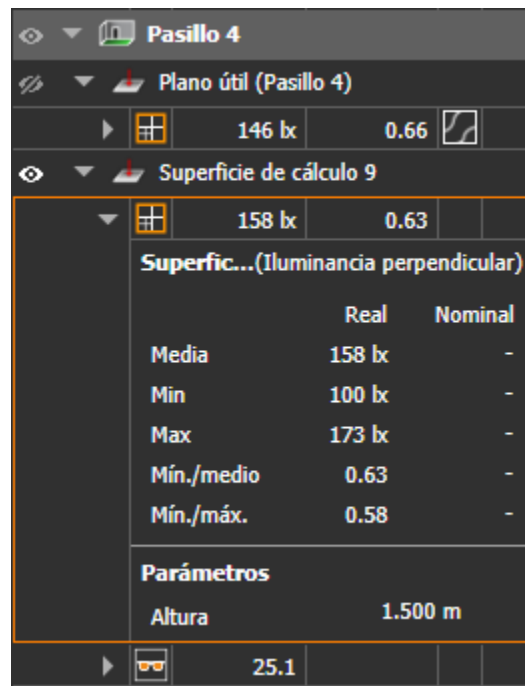


Fig. 19. Resultados de la simulación de Dialux para el pasillo 4 en la propuesta 1.

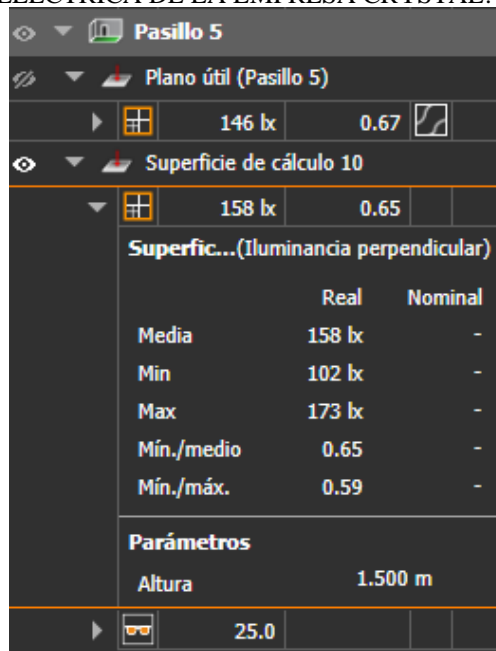


Fig. 20. Resultados de la simulación de Dialux para el pasillo 5 en la propuesta 1.

**Cantidad de lámparas de esta propuesta:**  $5 \times 7 = 35$  lámparas

**Potencia total:**  $35 \times 100 = 3500$  W

**Medidas de instalación:**

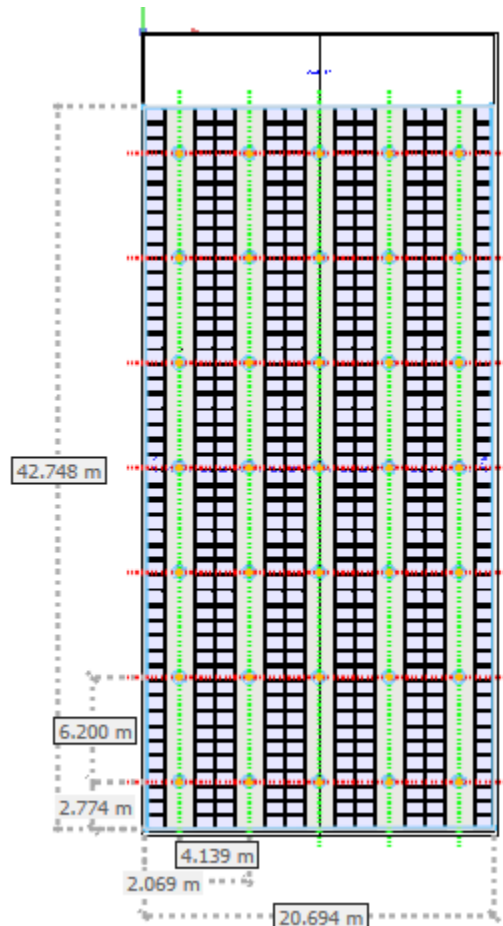


Fig. 21. Medidas de instalación de las luminarias obtenidas en Dialux en la propuesta 1.

**Altura de montaje de las lámparas: 11 m**

**Propuesta 2(Versión luminarias a 60°):**

Luminarias utilizadas: 20 unidades de la luminaria con código P23753-36. Dicha luminaria y sus características lumínicas se resaltan a continuación:

**Nota:** Se usaron luminarias vcp similares a la P23753-36 para la simulación debido a que no se contaba con el fotométrico de la P23753-36.


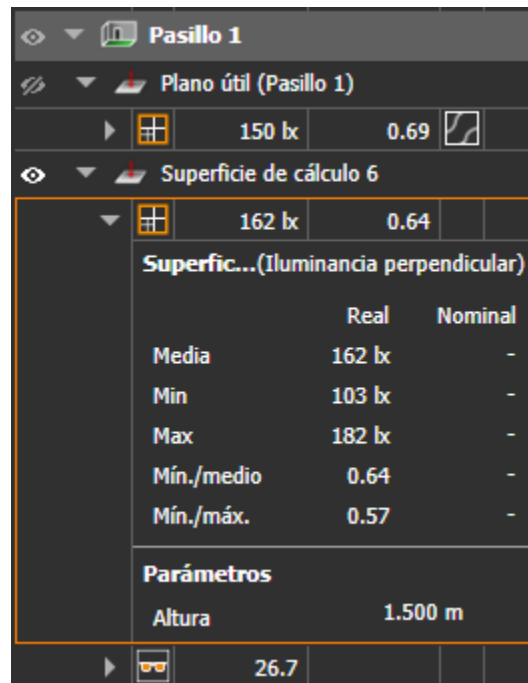
ILUMINACIÓN LED PROFESIONAL INTERIOR- HIGHBAY									
LED HIGHBAY GC350									
Código	Descripción	Imagen	Potencia (W)	Tensión In (VAC)	Flujo Lum. (lm)	Temp. de Color (K)	Eficacia (lm/W)	Obsrv.	Embalaje
P23752-36	LED HIGHBAY 100W CW GC350 DIM		100	100-277	15000	5700	150	50H/0-10V	1
P23753-36	LED HIGHBAY 150W CW GC350 DIM		150	100-277	22000	5700	147	50H/0-10V	1
P23754-36	LED HIGHBAY 200W CW GC350 DIM		200	100-277	29000	5700	145	50H/0-10V	1
P23755-36	LED HIGHBAY 240W CW GC350 DIM		240	100-277	35000	5700	146	50H/0-10V	1

Fig. 22. Tabla de luminarias del catálogo de Sylvania.

Vemos que por medio de la simulación realizada en Dialux, se cumplieron los rangos de los parámetros de Iluminancia máxima y mínima y uniformidad exigidos por el RETILAP.



Pasillo 1		
Plano útil (Pasillo 1)		
	150 lx	0.69
Superficie de cálculo 6		
	162 lx	0.64
Superfic...(Iluminancia perpendicular)		
	Real	Nominal
Media	162 lx	-
Min	103 lx	-
Max	182 lx	-
Mín./medio	0.64	-
Mín./máx.	0.57	-
Parámetros		
Altura	1.500 m	
	26.7	

Fig. 23. Resultados de la simulación de Dialux para el pasillo 1 en la propuesta 2.

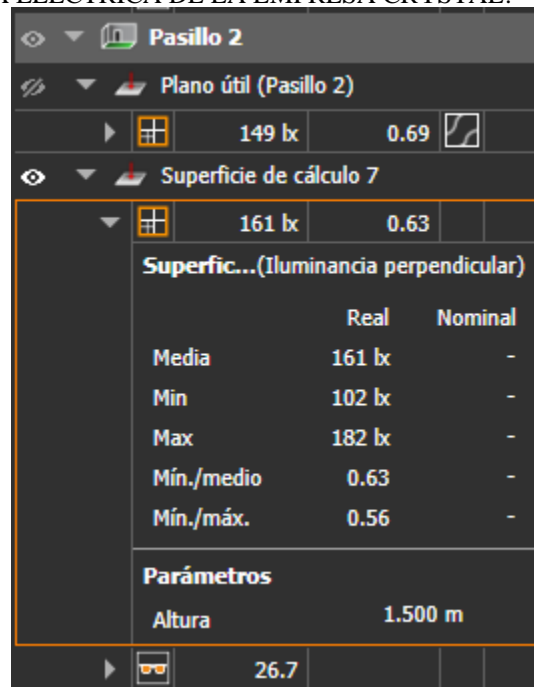


Fig. 24. Resultados de la simulación de Dialux para el pasillo 2 en la propuesta 2.

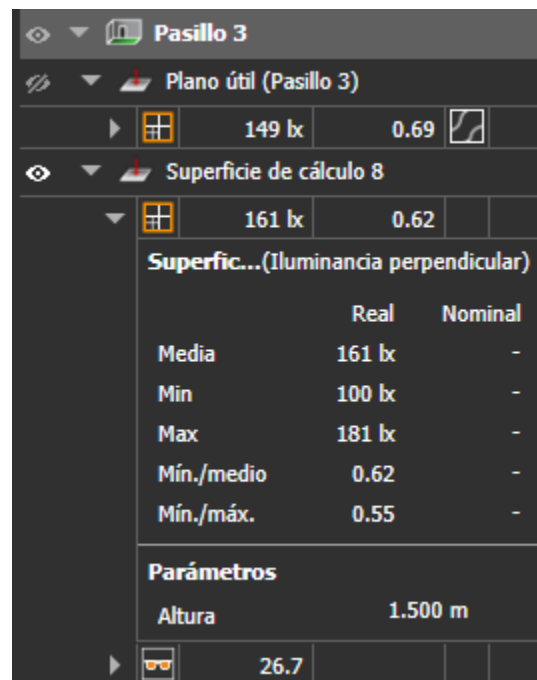


Fig. 25. Resultados de la simulación de Dialux para el pasillo 3 en la propuesta 2.

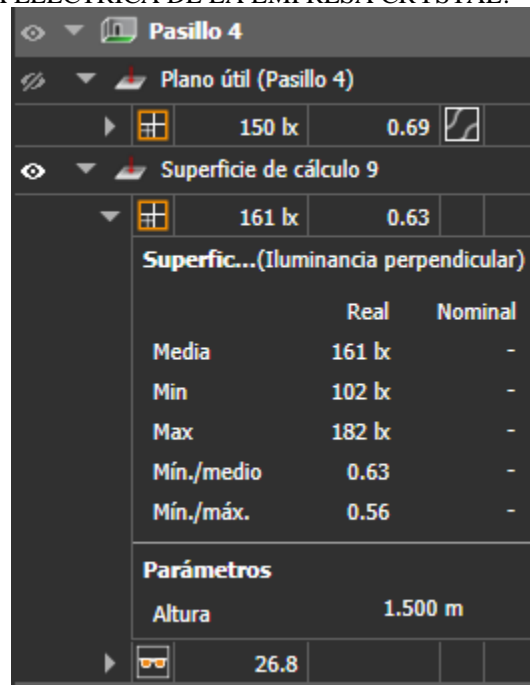


Fig. 26. Resultados de la simulación de Dialux para el pasillo 4 en la propuesta 2.

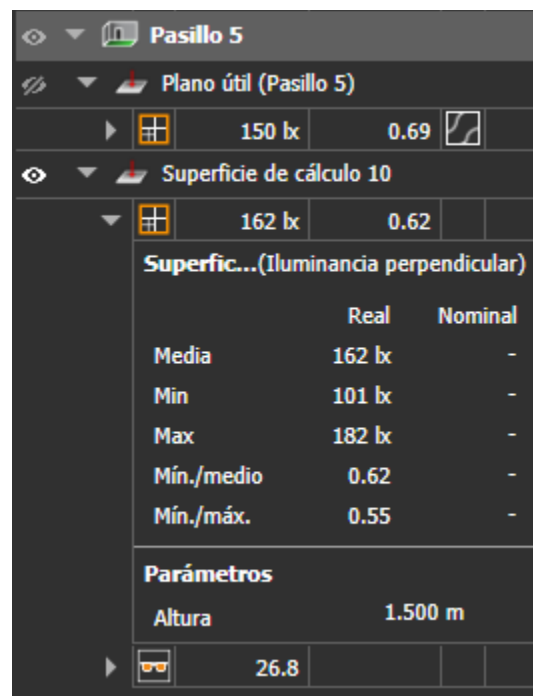


Fig. 27. Resultados de la simulación de Dialux para el pasillo 5 en la propuesta 2.

Cantidad de lámparas de esta propuesta:  $5 \times 4 = 20$  lámparas

Potencia total:  $20 \times 150 = 3000$  W

**Medidas de instalación:**



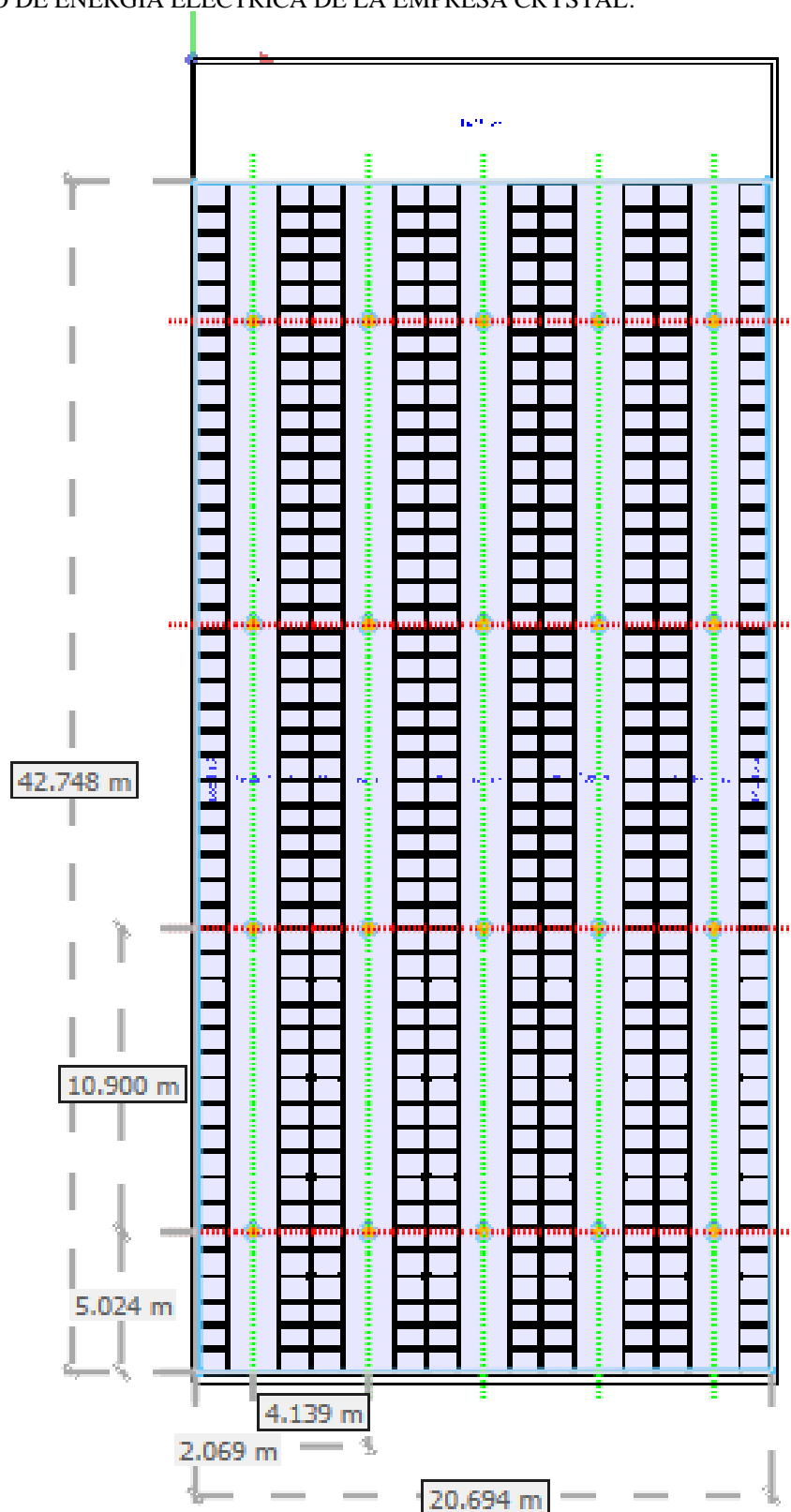


Fig. 28. Medidas de instalación de las luminarias obtenidas en Dialux en la propuesta 2.

**Altura de montaje de las lámparas: 11 m**

Luego de los resultados obtenidos en las dos propuestas, se llegó a la siguiente conclusión:

Como ambas propuestas cumplen con el RETILAP, los factores a decidir pasan a ser los de reducción de

consumo y menor esfuerzo de mantenimiento.

Para el arreglo de luminarias antiguas se tenía un consumo total de 3500 W, por lo que la propuesta 1 tendría el mismo consumo. Por otro lado, la propuesta 2 supondría un ahorro de 500 W.

Ahora bien, la propuesta 2 comparada con la propuesta 1 supone un ahorro de 500 W, sumado que al ser menos luminarias, supone menos gastos de montaje y de mantenimiento, por lo tanto es la opción a implementar.

### **Tercer estudio de iluminación:** Iluminación para la zona de calderas

Para este tercer y último estudio de iluminación, se procedió de forma análoga al segundo estudio, solo que en este caso no se realizaron dos propuestas sino 3 propuestas, todas con el mismo tipo de luminaria para la parte interna, solo que se cambian sus ángulos de apertura en cada propuesta. Para la propuesta 1: 60°, para la propuesta 2: 85° y para la propuesta 3: 105°. En cuanto a la zona externa, se usó las mismas luminarias y condiciones en las 3 propuesta, por lo que la iluminación externa no es un factor decisivo entre propuestas.

De nuevo, ya se tenía un arreglo de luminarias instalado, pero se buscaba una oportunidad de mejora buscando reducir el consumo en Calderas por iluminación cumpliendo con el RETILAP y el trabajo que requiere el mantenimiento de estas. Esta vez lo segundo con mayor importancia ya que esta zona esta expuesta a condiciones de temperatura y contaminación específicas que hacen que las luminarias requieran un mantenimiento más frecuente, lo cual implica altos costos por mantenimiento.

Se comienza mostrando la parte interna y externa de la zona de Calderas de la sede Marinilla, por medio del software de simulación Dialux, de los planos arquitectónicos de la zona y, a su vez, teniendo en cuenta lo estipulado por el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP) para instalaciones de este tipo.

**Vistas externas:**

Sin textura de luz:

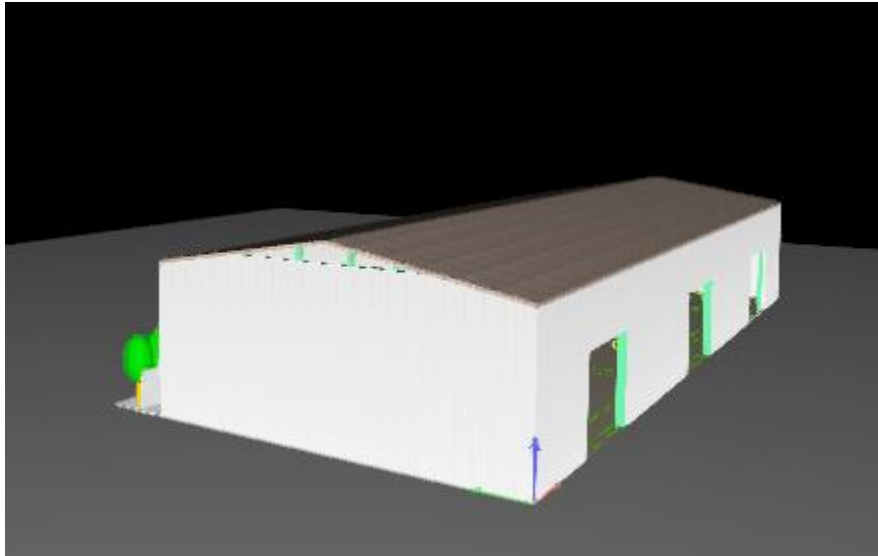


Fig. 29. Vista 1 externa de la zona de calderas en Dialux.

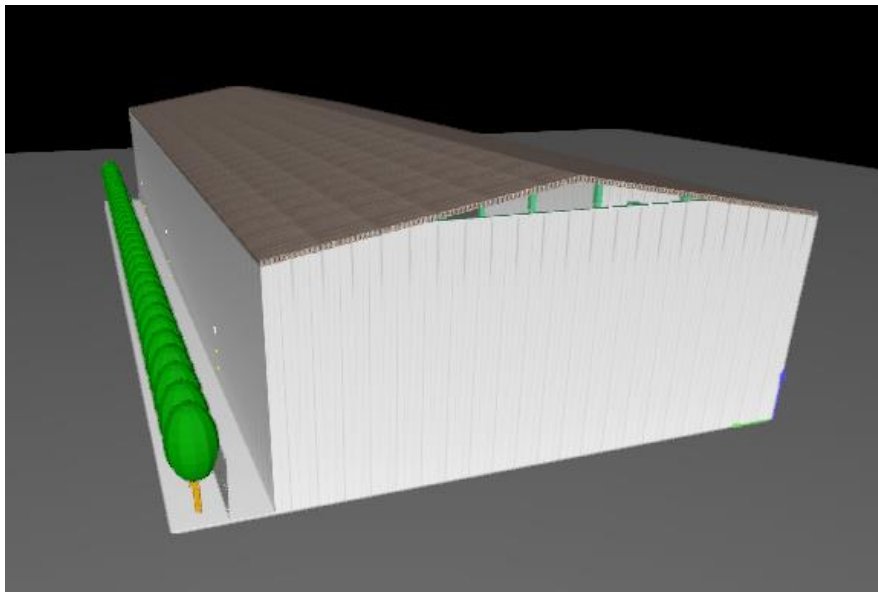


Fig. 30. Vista 2 externa de la zona de calderas en Dialux.

Con texturas de luz:

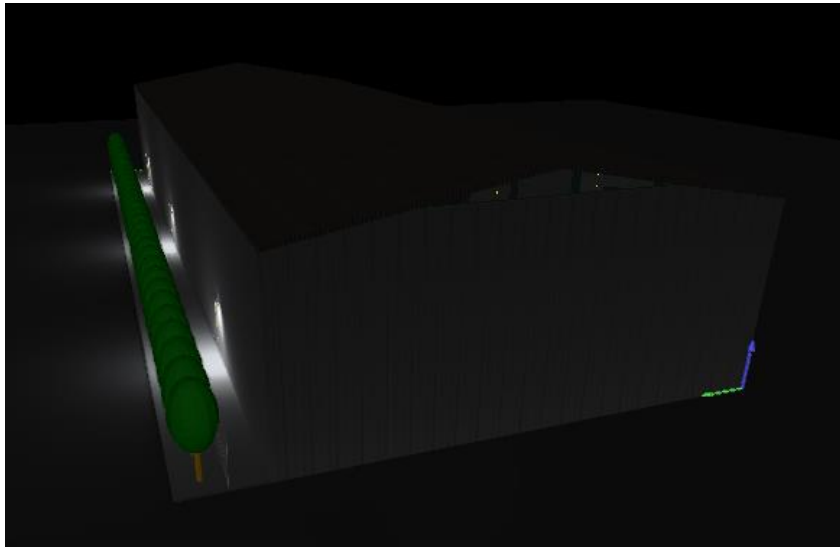


Fig. 31. Vista externa de la zona de calderas con texturas de luz en Dialux.

**Vista interna:**

Sin texturas de luz:

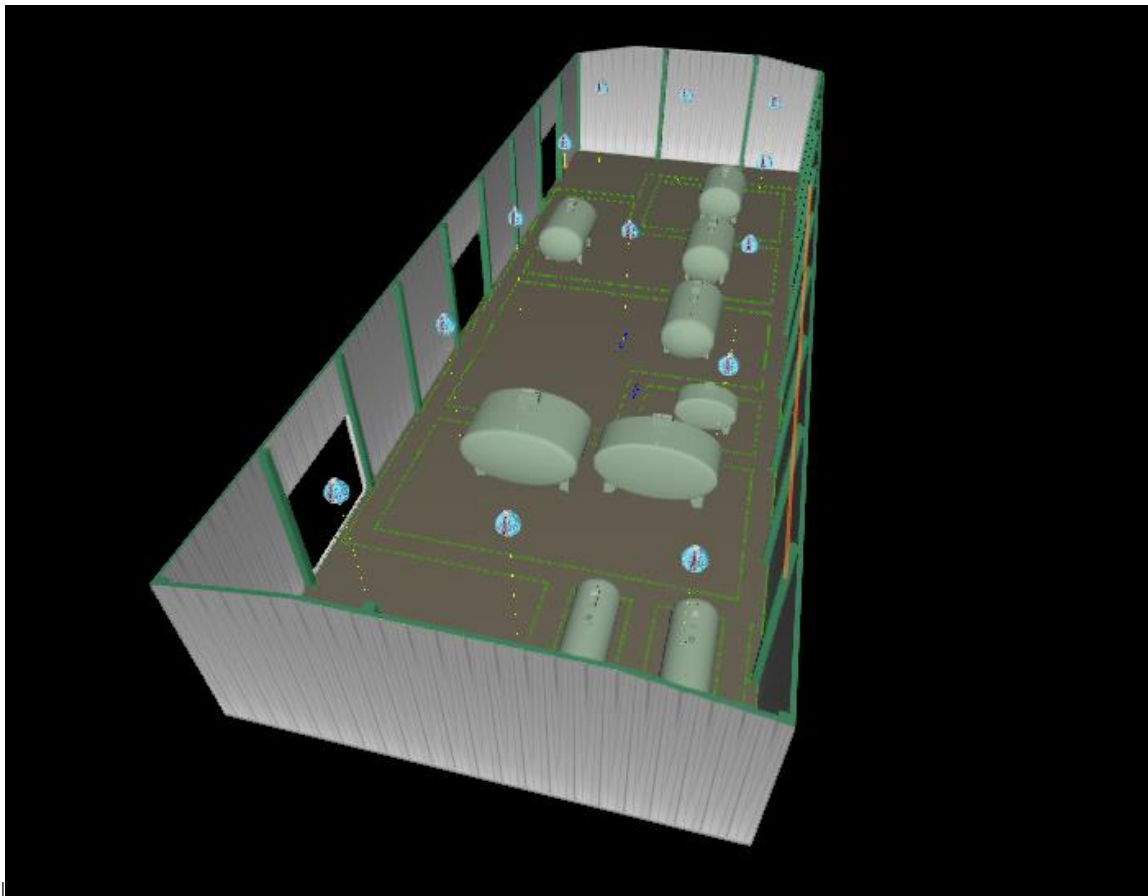


Fig. 32. Vista interna de la zona de calderas en Dialux.

Con texturas de luz:

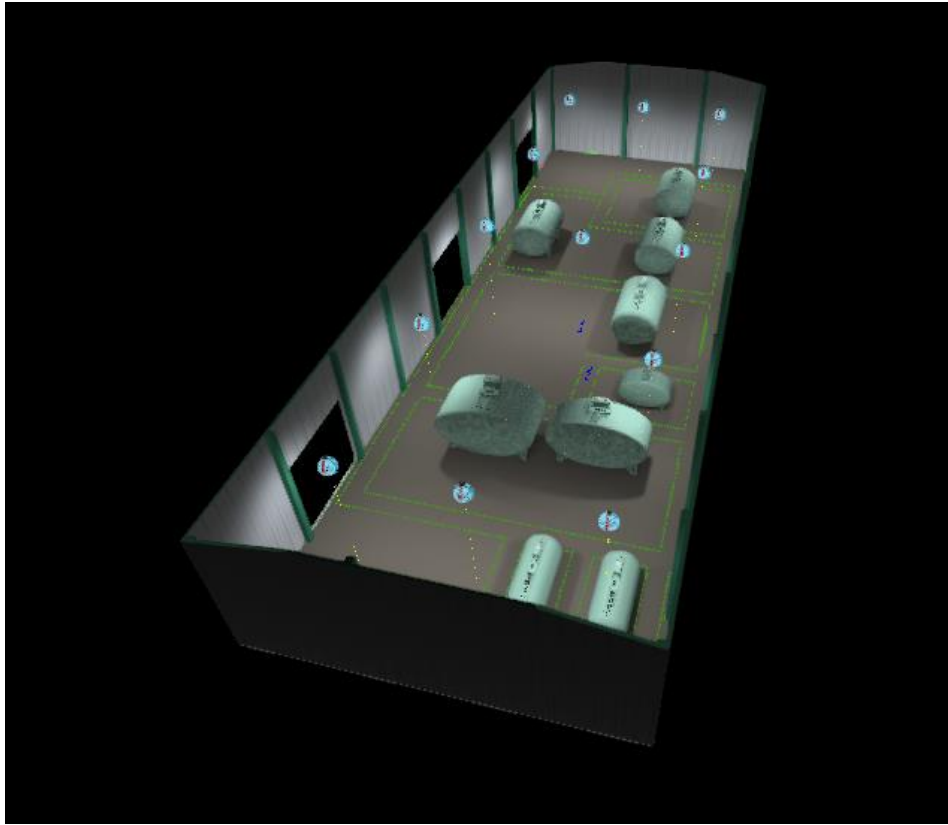


Fig. 33. Vista interna de la zona de calderas con texturas de luz en Dialux.

**Breve descripción del lugar analizado:**

Se realizó el estudio de iluminación en la zona de Calderas: específicamente en el recinto donde se encuentran todas las calderas y en el sendero externo por el cual pasan los vigilantes para cumplir con sus labores de vigilancia.

Lo anterior nos lleva a considerar la zona de estudio como dos ‘sub-zonas’ ya que a los ojos del RETILAP la parte interna (recinto de las calderas) y el sendero externo son dos zonas diferentes que tienen diferentes exigencias en lo que a iluminación respecta.

En cuanto al recinto interno donde están las calderas, la tabla 410.1 del RETILAP exige los siguientes valores:

TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD	UGR <sub>L</sub>	NIVELES DE ILUMINANCIA (lx)		
		Mínimo.	Medio	Máximo
<b>Áreas generales en las edificaciones</b>				
Áreas de circulación, corredores	28	50	100	150
Escaleras, escaleras mecánicas	25	100	150	200
Vestidores, baños.	25	100	150	200
Almacenes, bodegas.	25	100	150	200
<b>Talleres de ensamble</b>				
Trabajo pesado, montaje de maquinaria pesada	25	200	300	500
Trabajo intermedio, ensamble de motores, ensamble de carrocerías de	22	300	500	750
Trabajo fino, ensamble de maquinaria electrónica y de oficina	19	500	750	1000
Trabajo muy fino, ensamble de instrumentos	16	1000	1500	2000

Fig. 34. Tabla 410.1 del RETILAP.

Ahora bien, el RETILAP también nos exige cumplir con cierto rango de valores de uniformidad, en este caso, se debe cumplir que la uniformidad para la luminancia de tarea sea mayor a 0.5.

Iluminancia de tarea (lx)	Iluminancia de áreas circundantes inmediatas (lx)
Mayor o igual a 750	500
500	300
300	200
Menor o igual a 200	$E_{tarea}$
Uniformidad ( $E_{min}/E_{prom}$ )	
Mayor o igual a 0,5	Mayor o igual a 0,4

Fig. 35. Tabla 410.4. Uniformidades y relación entre iluminancias de áreas circundantes inmediatas al área de tarea.

Para el sendero externo por donde caminan los vigilantes, cuenta como una zona externa. Por lo tanto, se toman sus exigencias lumínicas de la tabla 510.3 b del RETILAP que exige los siguientes valores:

Clasificación	Clase de iluminación	Iluminancia promedio (luxes)	Uniformidad general $U_o \geq \%$
Canchas múltiples recreativas	C0	50	40
Plazas y plazoletas	C1	30	33
Pasos peatonales subterráneos	C1	30	33
Puentes peatonales	C2	20	33
Zonas peatonales bajas y alledaños a puentes peatonales y vehiculares	C2	20	33
Andenes, senderos, paseos y alamedas peatonales en parques	C3	15	33
Ciclo-rutas en parques	C2	20	40
Ciclo-rutas, senderos, paseos, alamedas y demás áreas peatonales adyacentes a rondas de ríos, quebradas, humedales, canales y demás áreas distantes de vías vehiculares iluminadas u otro tipo de áreas iluminadas	C4	10	40

Fig. 36. Tabla 510.3 b. Fotometría mínima en áreas críticas distintas a vías vehiculares.

Se presentan 3 propuestas en las que la sub-zona exterior no tiene cambios, solo la sub-zona interior en donde se encuentran las calderas tiene cambios en cada propuesta.

**Nota:** Para las simulaciones se usó el archivo fotométrico de la luminaria Sylvania-led WALLPACK 30W NW UL para el sendero externo, eso sí, por medio de ajustes en los parámetros que Dialux permite ajustar, se logró adecuarlas a ser casi iguales a la referencia de interés que es la luminaria VEL0319 30W 40K R70 ASYM.

Lo anterior debido a que el archivo fotométrico de la VEL0319 30W 40K R70 ASYM no fue compatible con la versión gratuita de Dialux, que es la que se posee en el presente computador.

**Propuesta 1 (Versión luminarias del recinto de calderas a 60°):**

**Sub zona recinto de las calderas:**

Luminarias utilizadas: 14 unidades de luminaria con código VEL0379 120W 50K R70 60G.

Vemos que por medio de la simulación realizada en Dialux, se cumplieron los rangos de los parámetros de iluminancia mínima y media y uniformidad exigidos por el RETILAP, **no se cumplió con el nivel de iluminancia máxima el cual sobrepasa los 150 lx.**

Plano... (Iluminancia perpendicular)		
	Real	Nominal
Media	96.6 lx	≥ 100 lx
Min	45.2 lx	-
Max	150 lx	-
Mín./medio	0.47	≥ 0.50
Mín./máx.	0.30	-

Parámetros	
Altura	0.000 m

Fig. 37. Resultados de la simulación de Dialux para el recinto de calderas en la propuesta 1.

**Cantidad de lámparas de esta sub zona:** 13 lámparas

**Potencial total sub zona:** 13x120=1560W

**Medidas de instalación:**

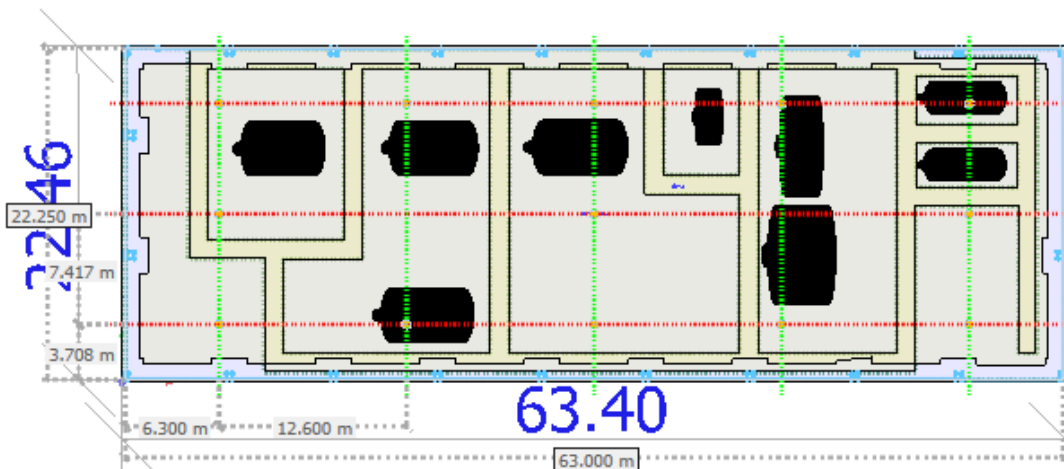


Fig. 38. Medidas de instalación de las luminarias obtenidas en Dialux para el recinto de calderas en la propuesta 1.

**Altura de montaje de las lámparas:** 8.9m

**Sub zona sendero externo:**

Luminarias utilizadas: 3 luminarias del tipo VEL0319 30W 40K R70 ASYM

Se observa que por medio de la simulación realizada en Dialux, se cumplieron los rangos de los parámetros de iluminancia máxima y mínima exigidos por el RETILAP:

Super... (Iluminancia perpendicular)		
	Real	Nominal
Media	44.5 lx	-
Min	0.069 lx	-
Max	479 lx	-
Mín./medio	0.002	-
Mín./máx.	0.000	-

Fig. 39. Resultados de la simulación de Dialux para el sendero externo en la propuesta 1.

**Cantidad de lámparas de esta sub zona: 3 lámparas**

**Potencia total:  $3 \times 30 = 90W$**

**Medidas de instalación:**

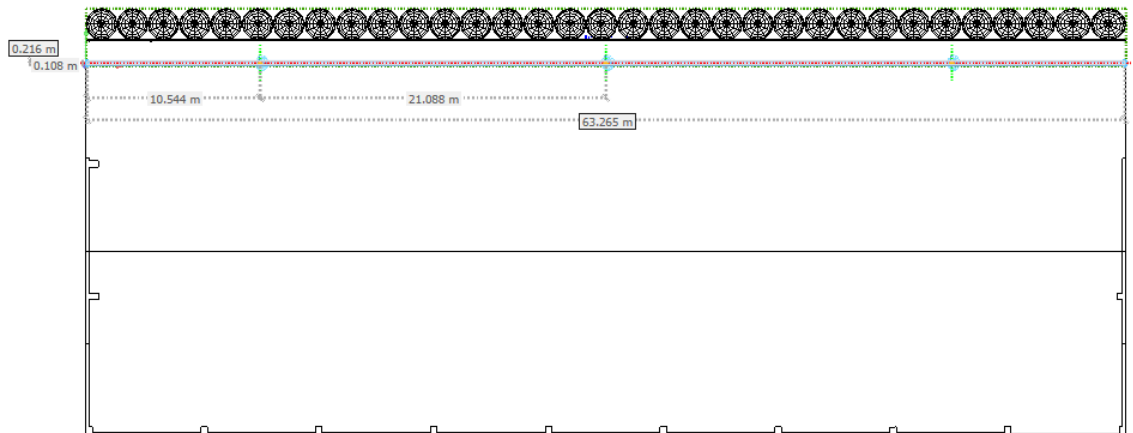


Fig. 40. Medidas de instalación de las luminarias obtenidas en Dialux para el sendero externo en la propuesta 1.

**Altura de montaje de las lámparas: 3.5m**

**Potencial total de las luminarias de la propuesta 1:  $1560+90= 1650W$**

**Ahorro de potencia respecto a la potencia actual:  $2500-1650 = 850W$**



**Propuesta 2 (Versión luminarias del recinto de calderas a 85°):**

**Sub zona recinto de las calderas:**

Luminarias utilizadas: 12 unidades de luminaria con código VEL0379 120W 50K R70 85G.

Vemos que por medio de la simulación realizada en Dialux, se cumplieron los rangos de los parámetros de iluminancia mínima, media y máxima, y uniformidad exigidos por el RETILAP.

Plano... (Iluminancia perpendicular)		
	Real	Nominal
Media	104 lx	≥ 100 lx
Min	53.7 lx	-
Max	145 lx	-
Mín./medio	0.52	≥ 0.50
Mín./máx.	0.37	-

Parámetros	
Altura	0.000 m

Fig. 41. Resultados de la simulación de Dialux para el recinto de calderas en la propuesta 2.

**Cantidad de lámparas de esta sub zona:** 13 lámparas

**Potencial total sub zona:** 13x120=1560W

Medidas de instalación:

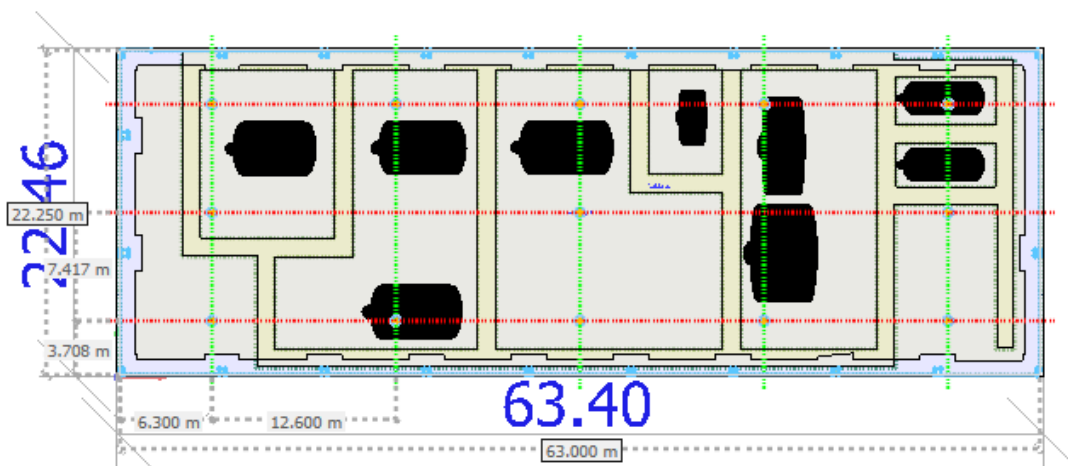


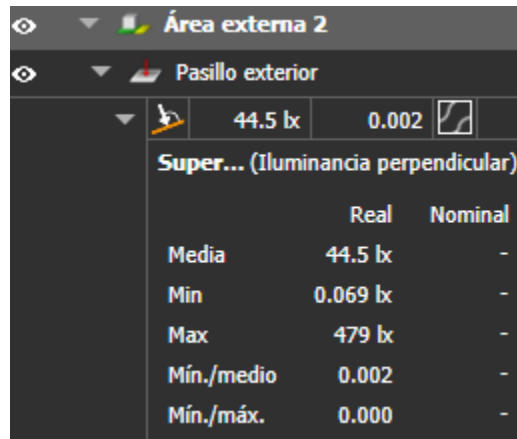
Fig. 42. Medidas de instalación de las luminarias obtenidas en Dialux para el recinto de calderas en la propuesta 2.

**Altura de montaje de las lámparas:** 8.9m

**Sub zona sendero externo:**

Luminarias utilizadas: 3 luminarias del tipo VEL0319 30W 40K R70 ASYM

Se observa que por medio de la simulación realizada en Dialux, se cumplieron los rangos de los parámetros de iluminancia máxima y mínima exigidos por el RETILAP:



	Real	Nominal
Media	44.5 lx	-
Min	0.069 lx	-
Max	479 lx	-
Mín./medio	0.002	-
Mín./máx.	0.000	-

Fig. 43. Resultados de la simulación de Dialux para el sendero externo en la propuesta 2.

**Cantidad de lámparas de esta sub zona: 3 lámparas**

**Potencia total:  $3 \times 30 = 90\text{W}$**

**Medidas de instalación:**

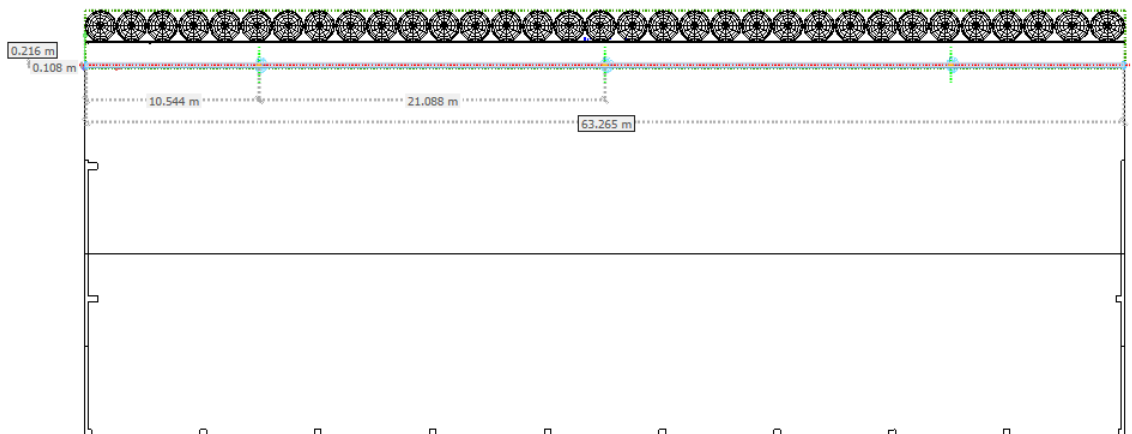


Fig. 44. Medidas de instalación de las luminarias obtenidas en Dialux para el sendero externo en la propuesta 2.

**Altura de montaje de las lámparas: 3.5m**

**Potencial total de las luminarias de la propuesta:  $1560+90= 1650\text{W}$**

**Ahorro de potencia respecto a la potencia actual:  $2500-1650 = 850\text{W}$**

**Propuesta 3 (Versión luminarias del recinto de calderas a 105°):**

**Sub zona recinto de las calderas:**

Luminarias utilizadas: 13 unidades de luminaria con código VEL0379 120W 50K R70 105G.

Vemos que por medio de la simulación realizada en Dialux, se cumplieron los rangos de los parámetros de iluminancia mínima, media y máxima, y uniformidad exigidos por el RETILAP.

Plano... (Iluminancia perpendicular)		
	Real	Nominal
Media	109 lx	≥ 100 lx
Min	55.4 lx	-
Max	169 lx	-
Mín./medio	0.51	≥ 0.50
Mín./máx.	0.33	-
Parámetros		
Altura	0.000 m	

Fig. 45. Resultados de la simulación de Dialux para el recinto de calderas en la propuesta 3.

**Cantidad de lámparas de esta sub zona:** 13 lámparas

**Potencial total sub zona:** 13x120=1560W

**Medidas de instalación:**

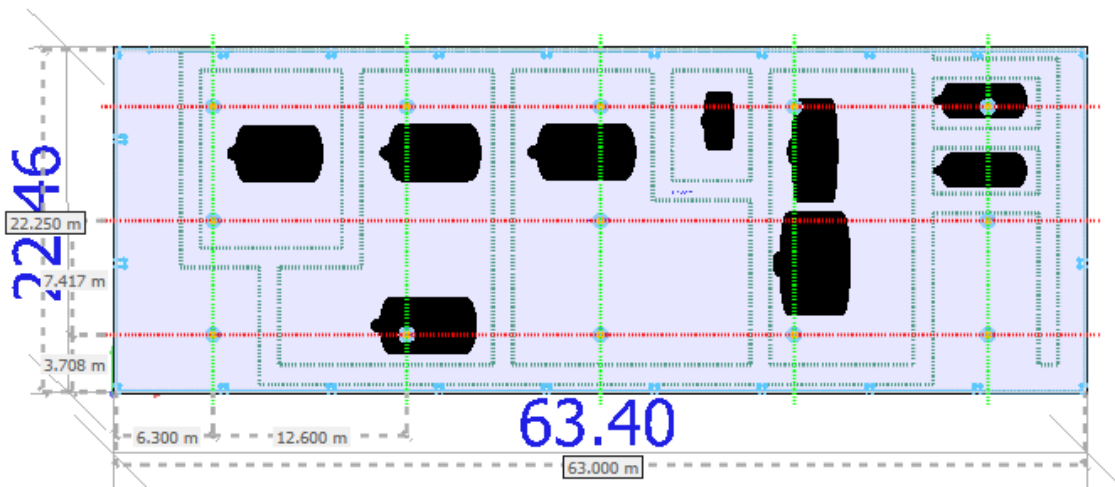


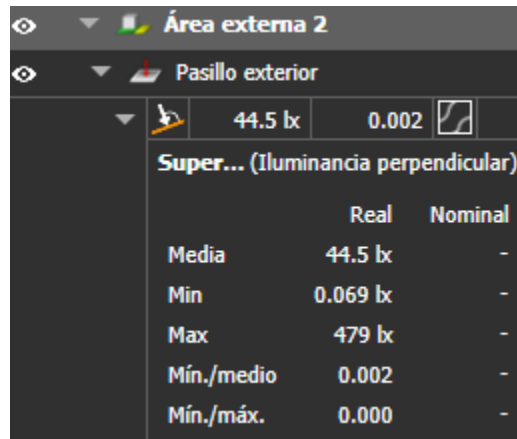
Fig. 46. Medidas de instalación de las luminarias obtenidas en Dialux para el recinto de calderas en la propuesta 3.

**Altura de montaje de las lámparas:** 8.9m

**Sub zona sendero externo:**

**Luminarias utilizadas:** 3 luminarias del tipo VEL0319 30W 40K R70 ASYM

Se observa que por medio de la simulación realizada en Dialux, se cumplieron los rangos de los parámetros de iluminancia máxima y mínima exigidos por el RETILAP:



	Real	Nominal
Media	44.5 lx	-
Min	0.069 lx	-
Max	479 lx	-
Mín./medio	0.002	-
Mín./máx.	0.000	-

Fig. 47. Resultados de la simulación de Dialux para el sendero externo en la propuesta 3.

**Cantidad de lámparas de esta sub zona:** 3 lámparas

**Potencia total:**  $3 \times 30 = 90\text{W}$

**Medidas de instalación:**

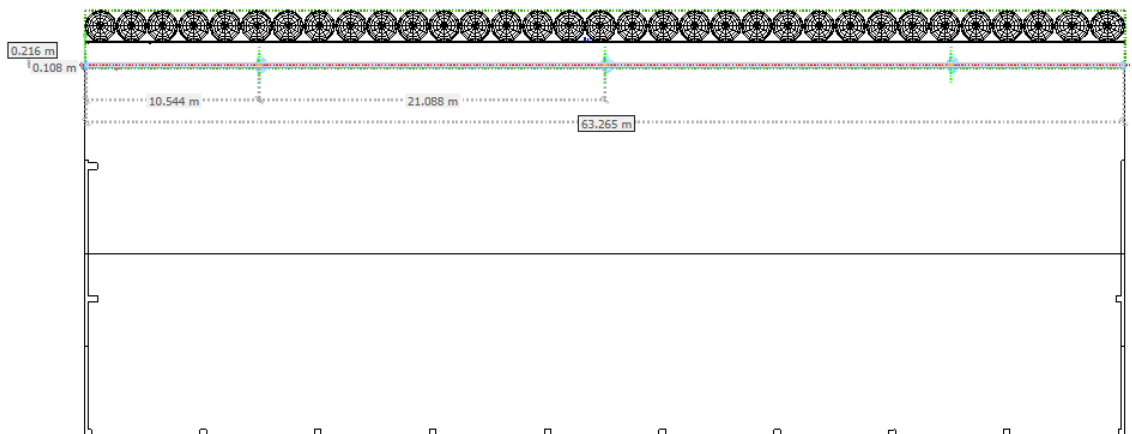


Fig. 48. Medidas de instalación de las luminarias obtenidas en Dialux para el sendero externo en la propuesta 3.

**Altura de montaje de las lámparas:** 3.5m

**Potencial total de las luminarias de la propuesta:**  $1560 + 90 = 1650\text{W}$

**Ahorro de potencia respecto a la potencia actual:**  $2500 - 1650 = 850\text{W}$

Luego de analizar las 3 propuestas, se llegó a las siguientes conclusiones:

- Para la propuesta 1 (ángulo de 60°) se logró cumplir con la iluminancia media y máximo, pero no se logró cumplir con la iluminancia mínima ni con la uniformidad, todo esto en referencia al RETILAP.
- Para la propuesta 2 (ángulo de 85°) se logró cumplir con todos los requerimientos de iluminancia y uniformidad, todo esto en referencia al RETILAP. Por lo tanto, se elige como **la opción más recomendada**.
- Para la propuesta 3 (ángulo de 105°) se logró cumplir con todos los requerimientos de iluminancia menos la iluminancia máxima, también se logró cumplir con la uniformidad, todo esto en referencia al RETILAP.
- Si bien la propuesta 3 (ángulo de 105°) excede la iluminancia máxima, también es una buena opción ya que tiene un poco más de iluminancia media respecto a la propuesta 2.
- Para la iluminación del sendero externo se tiene la misma propuesta de iluminación en las tres propuestas, debido a esto, no se contempla como factor decisorio entre propuestas.
- Si bien las 3 propuestas emplean la misma cantidad de luminarias, al final la opción más recomendada es la **propuesta 2**, ya que esta cumple con todos los requerimientos de iluminancia y uniformidad establecidos por el RETILAP para zonas de este tipo.
- Todas las propuestas suponen un ahorro de potencia de 850W respecto al arreglo de luminarias actual, las cuales en total consumen.
- Llevar a cabo un análisis energético de los motores eléctricos asociados a ciertos procesos de la empresa, con el propósito de evaluar la viabilidad de reemplazarlos por motores de alta eficiencia y así optimizar el consumo eléctrico.

Se analizaron un total de 6 máquinas en la zona de teñido de telas, las 6 máquinas son las mismas y cada una de estas posee un total de 9 motores, lo que representa un total de 45 motores

Si bien se realizó un registro fotográfico de los 45 motores, como las máquinas son iguales, se presentan los resultados obtenidos de una sola máquina la cual representa en resultado de todas las demás. Esto para evitar aumentar el tamaño del presente informe con redundancias.



Fig. 49. Máquina Teñidora.

La máquina anterior se denomina Máquina Teñidora, la cual, a través de diferentes procesos, tiñe la tela del color que sea requerido. Dichos procesos son posibles gracias a los motores que están asociados a cada uno de estos.

A continuación, se nombran cada uno de los 9 motores con sus códigos de placa y el equipo que accionan, sumado a su respectivo registro fotográfico y su equivalente de alta eficiencia aproximado de la marca Weg, teniendo en cuenta parámetros como: potencia nominal, voltaje y corriente nominales, par nominal

**Motor 1 MS71B – 4:** Acciona el filtro, el cual filtra impurezas del agua o solución química utilizada en el proceso de teñido para mantener la calidad.



Fig. 50. Motor MS71B – 4.



Fig. 51. Placa motor MS71B – 4.

### W22 - IE3 Premium Efficiency - 60 Hz

Potencia		Carcasa	Par nominal (kgfm)	Corriente con rotor trabado I/In	Par con rotor trabado T <sub>v</sub> /T <sub>n</sub>	Par máximo T <sub>b</sub> /T <sub>n</sub>	Momento de inercia J (kgm <sup>2</sup> )	Tiempo máximo con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB(A)	RPM	380 V					
								Caliente	Frio				% de la potencia nominal			Corriente nominal I <sub>n</sub> (A)		
													Rendimiento		Factor de potencia			
kW	HP	50	75	100	50	75	100											

0,37	0,5	71	0,213	5,1	2,8	2,9	0,0007	52	114	8,5	47	1690	75,0	77,5	78,2	0,49	0,62	0,70	1,03
------	-----	----	-------	-----	-----	-----	--------	----	-----	-----	----	------	------	------	------	------	------	------	------

Fig. 52. Equivalente Weg del Motor MS71B – 4.

**Motor 2 Y-IE3-160L-4:** Bomba principal, la cual suministra el flujo principal de líquido (agua o solución) a las diferentes secciones de la máquina.



Fig. 53. Motor Y-IE3-160L-4.



Fig. 54. Placa motor Y-IE3-160L-4.

## W22 - IE3 Premium Efficiency - 60 Hz

Potencia		Carcasa	Par nominal (kgfm)	Corriente con rotor trabado I <sub>V</sub> /I <sub>n</sub>	Par con rotor trabado T <sub>V</sub> /T <sub>n</sub>	Par máximo T <sub>b</sub> /T <sub>n</sub>	Momento de Inercia J (kgm <sup>2</sup> )	Tiempo máximo con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB(A)	380 V							
								Caliente	Frio			% de la potencia nominal			Corriente nominal I <sub>n</sub> (A)				
KW	HP	Rendimiento			Factor de potencia			RPM											
		50	75	100	50	75	100												
18,5	25	160L	10,2	7,3	2,7	3,2	0,1813	12	26	148	64	1770	92,4	93,6	93,8	0,64	0,75	0,81	36,9

Fig. 55. Equivalente Weg del Motor Y-IE3-160L-4.



**Motor 3 H-IE3-90L2:** Bomba bidón 2, la cual extrae o bombea el contenido del bidón 2, que puede contener tintes o productos químicos adicionales.

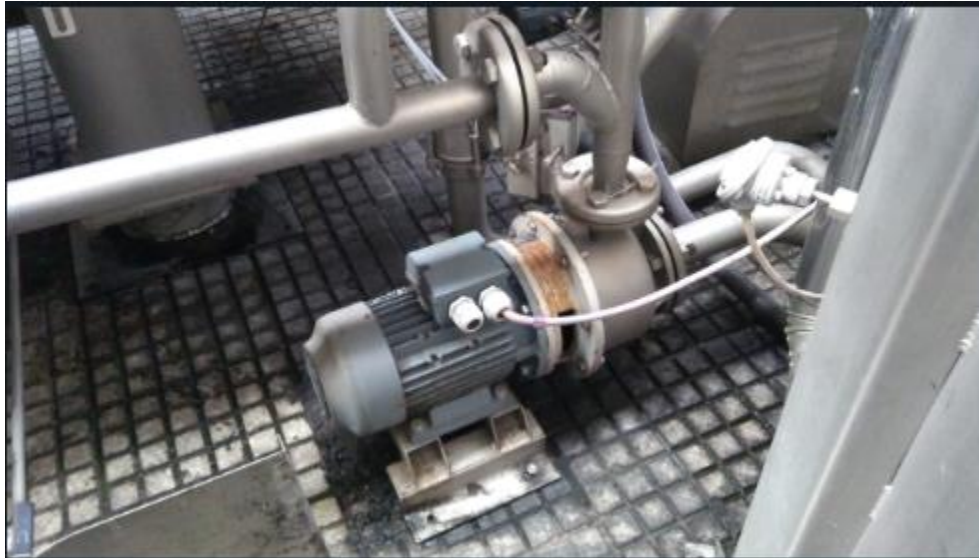


Fig. 56. Motor H-IE3-90L2.



Fig. 57. Placa motor H-IE3-90L2.

## W22 - IE3 Premium Efficiency - 60 Hz

Potencia		Carcasa	Par nominal (kgfm)	Corriente con rotor trabado I/In	Par con rotor trabado Tl/Tn	Par máximo Tb/Tn	Momento de inercia J (kgm <sup>2</sup> )	Tiempo máximo con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB(A)	RPM	380 V						Corriente nominal In (A)
KW	HP							% de la potencia nominal											
								Rendimiento					Factor de potencia						
		50	75	100	50	75	100												
3	4	L90L	0,841	7,8	3,7	3,7	0,0028	11	24	23,0	68	3475	87,0	88,0	88,5	0,62	0,75	0,82	6,28

Fig. 58. Equivalente Weg del Motor H-IE3-90L2.

**Motor 4 YE2-DL-100L1-4:** Bomba de recirculación, la cual recircula el líquido de la máquina para asegurar una distribución uniforme durante el proceso de teñido.



Fig. 59. Motor YE2-DL-100L1-4.



Fig. 60. Placa motor YE2-DL-100L1-4.

### W22 - IE3 Premium Efficiency - 60 Hz

Potencia		Carcasa	Par nominal (kgfm)	Corriente con rotor trabado I/In	Par con rotor trabado T <sub>v</sub> /T <sub>n</sub>	Par máximo T <sub>b</sub> /T <sub>n</sub>	Momento de inercia J (kgm <sup>2</sup> )	Tiempo máximo con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB(A)	380 V						Corriente nominal In (A)
								Caliente	Frio			% de la potencia nominal			Factor de potencia			
												50	75	100	50	75	100	
KW	HP											RPM						

| 2.2 | 3 | 100L | 1.23 | 7.6 | 3.8 | 3.7 | 0.0097 | 24 | 53 | 33.0 | 54 | 1740 | 86.6 | 88.2 | 89.5 | 0.59 | 0.72 | 0.79 | 4.72 |

Fig. 61. Equivalente Weg del Motor YE2-DL-100L1-4.

**Motor 5 YE3-90L-2:** Bomba recirculación bidón 1, la cual recircula el líquido del bidón 1, asegurando que los productos químicos o tintes se mantengan en circulación.



Fig. 62. Motor YE3-90L-2.



Fig. 63. Placa motor YE3-90L-2.

Potencia		Carcasa	Par nominal (kgfm)	Corriente con rotor trabado I <sub>V</sub> /In	Par con rotor trabado T <sub>I</sub> /T <sub>n</sub>	Par máximo T <sub>b</sub> /T <sub>n</sub>	Momento de inercia J (kgm <sup>2</sup> )	Tiempo máximo con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB(A)	RPM	380 V						
kW	HP							% de la potencia nominal					Corriente nominal In (A)						
		Rendimiento			Factor de potencia														
		50	75	100	50	75	100												
2,2	3	L90S	0,618	7,8	3,4	3,1	0,0023	14	31	22,0	68	3470	86,0	86,5	86,5	0,69	0,80	0,85	4,55

Fig. 64. Equivalente Weg del Motor YE3-90L-2.

**Motor 6 TA 80B6:** Plegado, el cual controla el mecanismo que pliega la tela, permitiendo una distribución controlada durante el teñido.



Fig. 65. Motor TA 80B6.



Fig. 66. Placa motor TA 80B6.

### W22 - IE3 Premium Efficiency - 60 Hz

Potencia		Carcasa	Par nominal (kgfm)	Corriente con rotor trabado I <sub>v</sub> /I <sub>n</sub>	Par con rotor trabado T <sub>v</sub> /T <sub>n</sub>	Par máximo T <sub>b</sub> /T <sub>n</sub>	Momento de inercia J (kgm <sup>2</sup> )	Tiempo máximo con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB(A)	RPM	380 V						Corriente nominal I <sub>n</sub> (A)
kW	HP							Caliente	Frio				% de la potencia nominal						
												Rendimiento		Factor de potencia					
												50	75	100	50	75	100		
0,55	0,75	90S	0,462	6,4	2,7	3,1	0,0055	35	77	19,0	49	1160	78,0	81,5	81,7	0,45	0,58	0,67	1,53

Fig. 67. Equivalente Weg del Motor TA 80B6.

**Motor 7 YE3-90L-4:** Molinete 1, el cual gira el primer molinete, que a su vez se encarga de mover la tela de manera continua durante el proceso, haciendo el mismo proceso que el molinete 2, asociado al motor 8.



Fig. 68. Motor YE3-90L-4.



Fig. 69. Placa motor YE3-90L-4.

## W22 - IE3 Premium Efficiency - 60 Hz

Potencia		Carcasa	Par nominal (kgfm)	Corriente con rotor trabado I <sub>v</sub> /I <sub>n</sub>	Par con rotor trabado T <sub>v</sub> /T <sub>n</sub>	Par máximo T <sub>b</sub> /T <sub>n</sub>	Momento de Inercia J (kgm <sup>2</sup> )	Tiempo máximo con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB(A)	RPM	380 V						
								Caliente	Frio				% de la potencia nominal			Factor de potencia			Corriente nominal I <sub>n</sub> (A)
KW	HP	Rendimiento			Factor de potencia														
1,5	2	L90S	0,832	7,7	2,8	3,3	0,0066	15	33	23,0	51	1755	84,0	86,0	86,5	0,59	0,72	0,80	3,29

Fig. 70. Equivalente Weg del Motor YE3-90L-4.

**Motor 8 YE3-90L-4:** Molinete 2, el cual hace la misma función que el molinete 1, posee un motor idéntico al motor 7



Fig. 71. Motor YE3-90L-4.



Fig. 72. Placa motor YE3-90L-4.

## W22 - IE3 Premium Efficiency - 60 Hz

Potencia		Carcasa	Par nominal (kgfm)	Corriente con rotor trabado I <sub>v</sub> /I <sub>n</sub>	Par con rotor trabado T <sub>v</sub> /T <sub>n</sub>	Par máximo T <sub>b</sub> /T <sub>n</sub>	Momento de inercia J (kgm <sup>2</sup> )	Tiempo máximo con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB(A)	380 V							
kW	HP							% de la potencia nominal				Corriente nominal I <sub>n</sub> (A)							
								Rendimiento					Factor de potencia						
		50	75	100	50	75	100												
1.5	2	L90S	0.832	7.7	2.8	3.3	0.0066	15	33	23.0	51	1755	84.0	86.0	86.5	0.59	0.72	0.80	3.29

Fig. 73. Equivalente Weg del Motor YE3-90L-4.

**Motor 9 MSE3-80B-4:** Molinete salida de tela el cual recoge controla la salida de la tela luego de todo el proceso de teñido, asegurando que la tela de recoja de manera ordenada y sin obstrucciones



Fig. 74. Motor MSE3-80B-4.

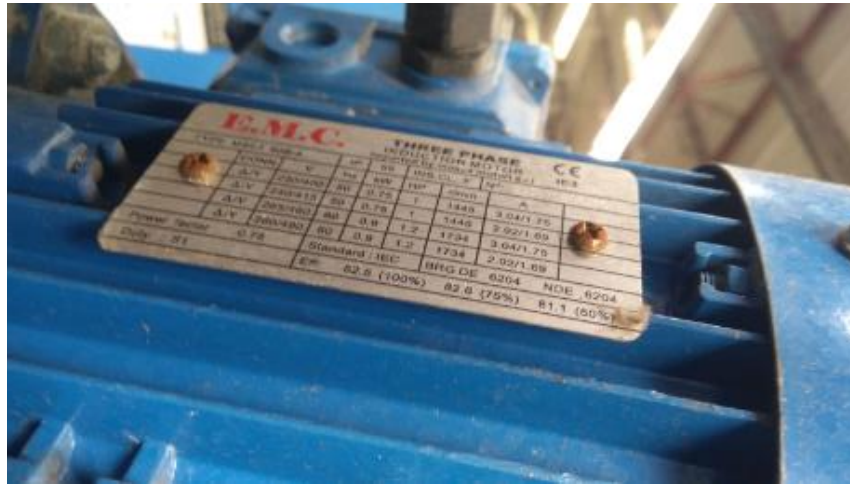


Fig. 75. Placa motor MSE3-80B-4.

## W22 - IE3 Premium Efficiency - 60 Hz

Potencia		Carcasa	Par nominal (kgfm)	Corriente con rotor trabado I <sub>v</sub> /In	Par con rotor trabado T <sub>v</sub> /T <sub>n</sub>	Par máximo T <sub>b</sub> /T <sub>n</sub>	Momento de inercia J (kgm <sup>2</sup> )	Tiempo máximo con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB(A)	380 V						Corriente nominal In (A)
								Caliente	Frio			% de la potencia nominal			Factor de potencia			
KW	HP										RPM	Rendimiento			Factor de potencia			
												50	75	100	50	75	100	

| 0,75 | 1 | 90S | 0,416 | 7,6 | 2,6 | 3,2 | 0,0049 | 24 | 53 | 18,5 | 51 | 1755 | 80,0 | 84,0 | 85,5 | 0,60 | 0,72 | 0,79 | 1,69 |

Fig. 76. Equivalente Weg del Motor MSE3-80B-4.

Luego de tomar los registros fotográficos y seleccionar los motores equivalentes Weg de alta eficiencia de cada motor, se procedió a hacer una comparativa de costo anual por consumo energético de cada motor actual de las máquinas versus sus equivalentes de la marca Weg, todo esto para tener valores concretos de ahorro y decidir si es viable el cambio de cada motor.

Para ello se diseñó una tabla genérica en Excel, a la cual se ingresan los datos de: eficiencia, potencia, horas de trabajo al día, y costo por Kwh. Los datos anteriores se ingresan tanto para el motor actual como para el motor de alta eficiencia Weg y tienen las unidades que se muestran a continuación:

Comparativa entre motor actual y su equivalente más aproximado de la marca Weg			
Parámetro	Motor Equivalente Weg	Motor actual	Notas
Eficiencia [%]			
Potencia [kW]			
Horas de trabajo al día			
Tiempo de uso anual [horas]	0	0	
Consumo energético anual [kWh]	#;DIV/0!	#;DIV/0!	
Costo por kWh [\$/kWh]			
Costo energético anual [\$]	#;DIV/0!	#;DIV/0!	
Ahorro anual [\$]		#;DIV/0!	
Nota: Las casillas resaltadas en amarillo son parámetros a ingresar			

Fig. 77. Tabla genérica en Excel para comparativa de gasto energético anual entre motores antiguos y Weg.



Luego, para cada uno de los motores se obtuvieron los siguientes resultados:

**Motor 1 MS71B – 4:**

Comparativa entre motor actual y su equivalente más aproximado de la marca Weg			
Parámetro	Motor Equivalente Weg	Motor MS71B - 4	Notas
Eficiencia [%]	78,2	77,5	
Potencia [kW]	0,37	0,44	
Horas de trabajo al día	24	24	
Tiempo de uso anual [horas]	8736	8736	
Consumo energético anual [kWh]	4133,401535	4959,793548	
Costo por kWh [\$/kWh]	400	400	
Costo energético anual [\$]	1653360,614	1983917,419	
Ahorro anual [\$]	330556,8055		
Nota: Las casillas resaltadas en amarillo son parámetros a ingresar			

Fig. 78. Comparativa de gasto anual entre motor MS71B – 4 y su equivalente Weg.

**Motor 2 Y-IE3-160L-4:**

Comparativa entre motor actual y su equivalente más aproximado de la marca Weg			
Parámetro	Motor Equivalente Weg	Motor Y-IE3-160L-4	Notas
Eficiencia [%]	93,8	93	
Potencia [kW]	18,5	18	
Horas de trabajo al día	24	24	
Tiempo de uso anual [horas]	8736	8736	
Consumo energético anual [kWh]	172298,5075	169083,871	
Costo por kWh [\$/kWh]	400	400	
Costo energético anual [\$]	68919402,99	67633548,39	
Ahorro anual [\$]	-1285854,598		
Nota: Las casillas resaltadas en amarillo son parámetros a ingresar			

Fig. 79. Comparativa de gasto anual entre motor Y-IE3-160L-4 y su equivalente Weg.

**Motor 3 H-IE3-90L2:**

Comparativa entre motor actual y su equivalente más aproximado de la marca Weg			
Parámetro	Motor Equivalente Weg	Motor H-IE3-90L2	Notas
Eficiencia [%]	88,5	86,5	
Potencia [kW]	3	2,64	
Horas de trabajo al día	24	24	
Tiempo de uso anual [hora]	8736	8736	
Consumo energético anual	29613,55932	26662,47399	
Costo por kWh [\$/kWh]	400	400	
Costo energético anual [\$]	11845423,73	10664989,6	
Ahorro anual [\$]	-1180434,133		
Nota: Las casillas resaltadas en amarillo son parámetros a ingresar			

Fig. 80. Comparativa de gasto anual entre motor H-IE3-90L2 y su equivalente Weg.

**Motor 4 YE2-DL-100L1-4:**

Comparativa entre motor actual y su equivalente más aproximado de la marca Weg			
Parámetro	Motor Equivalente Weg	Motor YE2-DL-100L1-4	Notas
Eficiencia [%]	89,5	85	
Potencia [kW]	3	2,6	
Horas de trabajo al día	24	24	
Tiempo de uso anual [horas]	8736	8736	
Consumo energético anual [kWh]	29282,68156	26721,88235	
Costo por kWh [\$/kWh]	400	400	
Costo energético anual [\$]	11713072,63	10688752,94	
Ahorro anual [\$]		-1024319,685	
Nota: Las casillas resaltadas en amarillo son parámetros a ingresar			

Fig. 81. Comparativa de gasto anual entre motor YE2-DL-100L1-4 y su equivalente Weg.

**Motor 5 YE3-90L-2:**

Comparativa entre motor actual y su equivalente más aproximado de la marca Weg			
Parámetro	Motor Equivalente Weg	Motor YE3-90L-2	Notas
Eficiencia [%]	86,5	85,9	
Potencia [kW]	2,2	2,2	
Horas de trabajo al día	24	24	
Tiempo de uso anual [horas]	8736	8736	
Consumo energético anual [kWh]	22218,72832	22373,92317	
Costo por kWh [\$/kWh]	400	400	
Costo energético anual [\$]	8887491,329	8949569,267	
Ahorro anual [\$]		62077,93711	
Nota: Las casillas resaltadas en amarillo son parámetros a ingresar			

Fig. 82. Comparativa de gasto anual entre motor YE3-90L-2 y su equivalente Weg.

**Motor 6 TA 80B6:**

Comparativa entre motor actual y su equivalente más aproximado de la marca Weg			
Parámetro	Motor Equivalente Weg	Motor TA 80B6	Notas
Eficiencia [%]	81,7	75	
Potencia [kW]	0,55	0,55	
Horas de trabajo al día	24	24	
Tiempo de uso anual [horas]	8736	8736	
Consumo energético anual [kWh]	5881,028152	6406,4	
Costo por kWh [\$/kWh]	400	400	
Costo energético anual [\$]	2352411,261	2562560	
Ahorro anual [\$]		210148,7393	
Nota: Las casillas resaltadas en amarillo son parámetros a ingresar			

Fig. 83. Comparativa de gasto anual entre motor TA 80B6 y su equivalente Weg.

**Motor 7 YE3-90L-4:**

Comparativa entre motor actual y su equivalente más aproximado de la marca Weg			
Parámetro	Motor Equivalente Weg	Motor H-IE3-100LA4	Notas
Eficiencia [%]	86,5	85,3	
Potencia [kW]	1,5	1,5	
Horas de trabajo al día	24	24	
Tiempo de uso anual [horas]	8736	8736	
Consumo energético anual [kWh]	15149,13295	15362,25088	
Costo por kWh [\$/kWh]	400	400	
Costo energético anual [\$]	6059653,179	6144900,352	
Ahorro anual [\$]	85247,17251		
Nota: Las casillas resaltadas en amarillo son parámetros a ingresar			

Fig. 84. Comparativa de gasto anual entre motor YE3-90L-4 y su equivalente Weg.

**Motor 8 YE3-90L-4:**

Comparativa entre motor actual y su equivalente más aproximado de la marca Weg			
Parámetro	Motor Equivalente Weg	Motor H-IE3-100LA4	Notas
Eficiencia [%]	86,5	85,3	
Potencia [kW]	1,5	1,5	
Horas de trabajo al día	24	24	
Tiempo de uso anual [horas]	8736	8736	
Consumo energético anual [kWh]	15149,13295	15362,25088	
Costo por kWh [\$/kWh]	400	400	
Costo energético anual [\$]	6059653,179	6144900,352	
Ahorro anual [\$]	85247,17251		
Nota: Las casillas resaltadas en amarillo son parámetros a ingresar			

Fig. 85. Comparativa de gasto anual entre motor YE3-90L-4 y su equivalente Weg.

**Motor 9 MSE3-80B-4:**

Comparativa entre motor actual y su equivalente más aproximado de la marca Weg			
Parámetro	Motor Equivalente Weg	Motor MSE3-80B-4	Notas
Eficiencia [%]	85,5	82,8	
Potencia [kW]	0,75	0,9	
Horas de trabajo al día	24	24	
Tiempo de uso anual [horas]	8736	8736	
Consumo energético anual [kWh]	7663,157895	9495,652174	
Costo por kWh [\$/kWh]	400	400	
Costo energético anual [\$]	3065263,158	3798260,87	
Ahorro anual [\$]	732997,7117		
Nota: Las casillas resaltadas en amarillo son parámetros a ingresar			

Fig. 86. Comparativa de gasto anual entre motor MSE3-80B-4y su equivalente Weg.

Como se observa anteriormente, algunos motores representan un ahorro mensual(ahorro anual positivo) si se llegasen a cambiar, otros, representarían pérdidas(ahorro anual negativo). En los casos en los que se presentarían pérdidas se debe mayoritariamente al hecho de que las potencias de los respectivos motores Weg en algunos casos son mayores a las de los motores actuales, ya que la empresa maneja motores con potencias estandarizadas y el hecho de fabricar un motor con una potencia exclusiva elevaría los costos al punto tal de hacer inviable el cambio de estos incluso sin analizar el costo por consumo energético anual.

- Apoyar las actividades de mantenimiento y mejoras eléctricas que surjan durante el desarrollo de las prácticas en la empresa, asegurando la correcta implementación de soluciones que contribuyan a la optimización del consumo energético y el bienestar de los empleados.

Para el cumplimiento de este objetivo surgieron dos actividades, ambas relacionadas con los PM's de la empresa. Ambas van ligadas a actividades de mantenimiento y mejora puesto que algunos PM's estaban defectuosos u obsoletos y esto se evidenció gracias al análisis de los datos que estos arrojaron en cierto período de tiempo, lo cual llevó a la ejecución de mantenimiento de algunos de estos. A su vez, también se presentó la instalación de PM's, lo generó la necesidad de añadirlos al diagrama unifilar de PM's de la empresa.

La primera actividad consistió en el análisis de los datos de consumo que arrojaron todos los PM's de la empresa en el periodo de tiempo comprendido entre el 01/01/24 - 31/08/2024, teniendo un dato de consumo por día, lo que implica un total de 244 días de análisis.

Se tiene un total de 32 PM's en la empresa los cuales están estratégicamente posicionados en ciertas zonas de la empresa en dónde se hace crucial el conocer el consumo de energía eléctrica y otras variables eléctricas para vigilar que estén dentro de los rangos normales.

Para cada PM, se realizó un gráfico con los correspondientes días de medición para tener una visión general del consumo en el período de tiempo y notar comportamientos inusuales de manera más clara.

Todo este análisis fue basado en la norma ISO 50001, la cual sugiere el siguiente esquema de planificación energética:

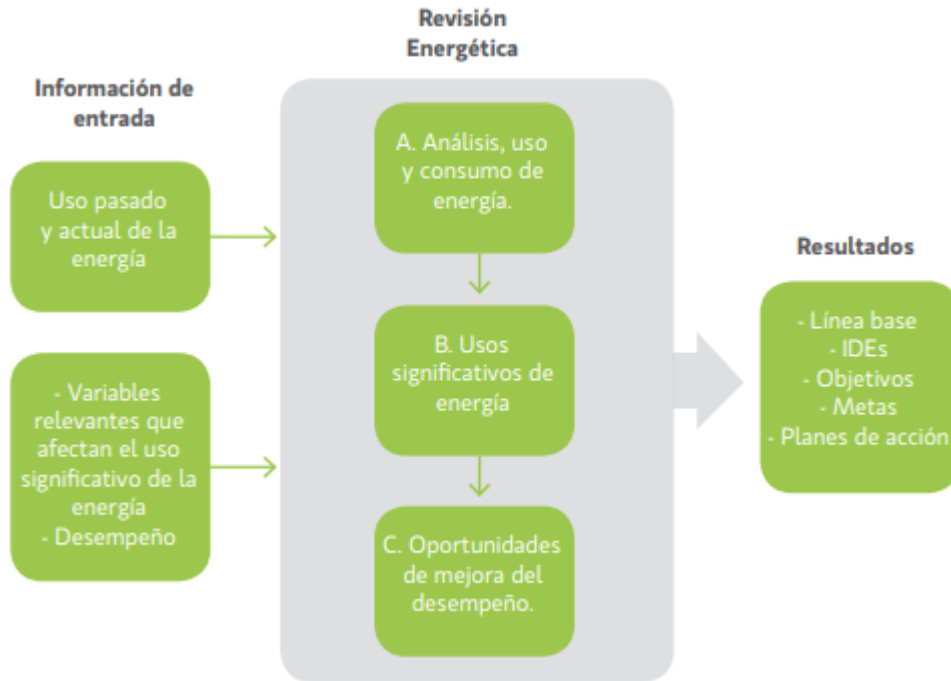


Fig. 87. Proceso de planificación energética sugerido por la norma ISO 50001. [7]

Cabe destacar que algunos PM's tienen menos de 244 días de medición por razones como: puesta en operación reciente, fallos en los propios PM's y desactivación de estos debido a mantenimientos o reemplazos de las cargas que estos analizan.

A continuación, se nombrarán cada uno de los PM's y se adjuntarán las respectivas gráficas y su párrafo de análisis indicando las anomalías que estos presentaron, todo esto tomando en cuenta tomando en

**PM 1: Mar\_Cim\_R**

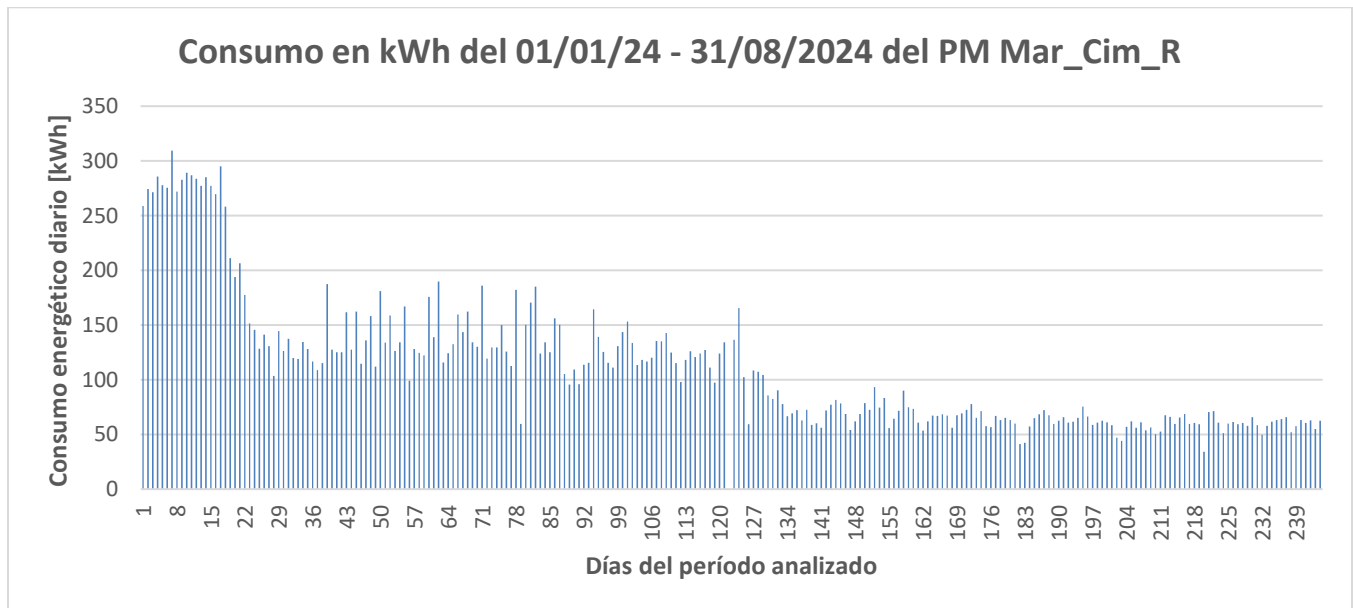


Fig. 88. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM Mar\_Cim\_R en el período analizado.

- Se observa una clara tendencia de reducción en el consumo, al principio del año llegó a picos de

consumo de más de 300kWh al día, y a partir del mes de mayo y hasta la fecha se puede evidenciar un consumo que no sobrepasa los 100 kWh por día

- No registra medición el 01/05/2024

## PM 2: MarCapCim

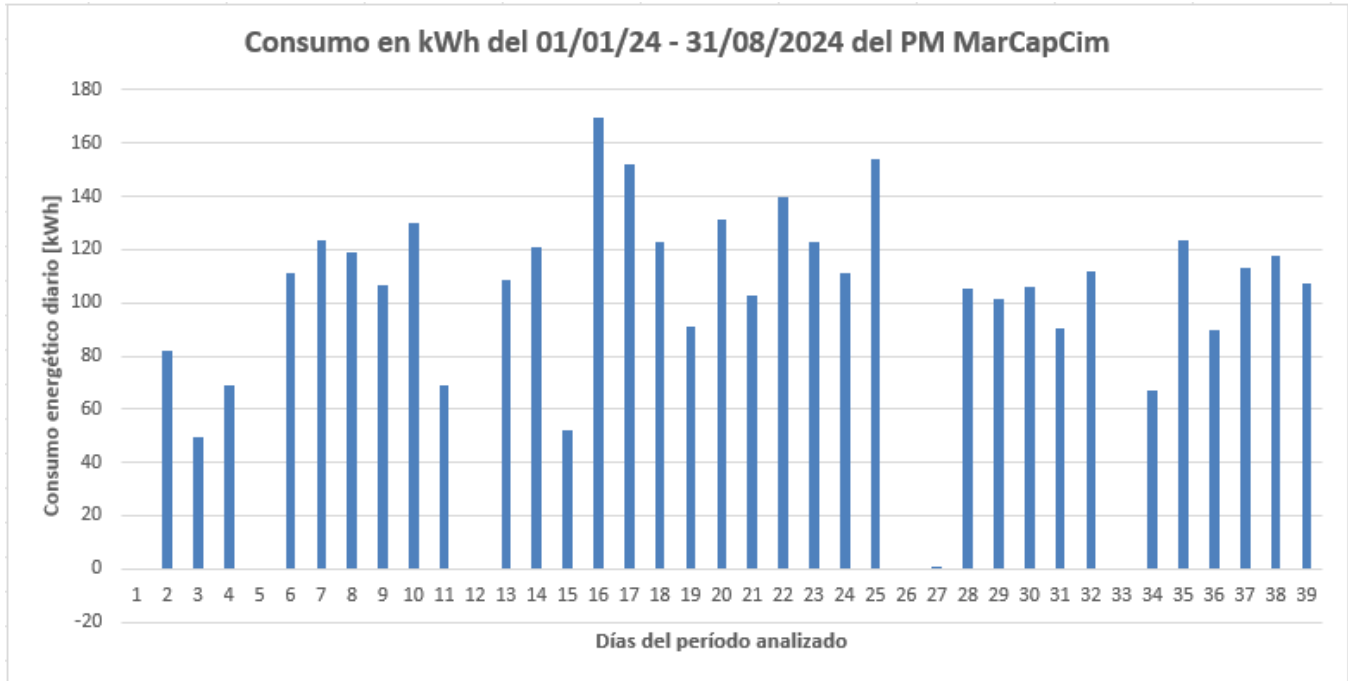


Fig. 89. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarCapCim en el período analizado.

- Se observa ausencia de datos en muchos de los días del período de análisis (de hecho, solo se tienen datos en 39 de los 244 días del período de análisis).
- Se observa un pico de consumo el día 8/08/2024.
- Además, se observa consumos de cero o cercanos a cero los días festivos y domingos.

### PM 3: MarCapGral

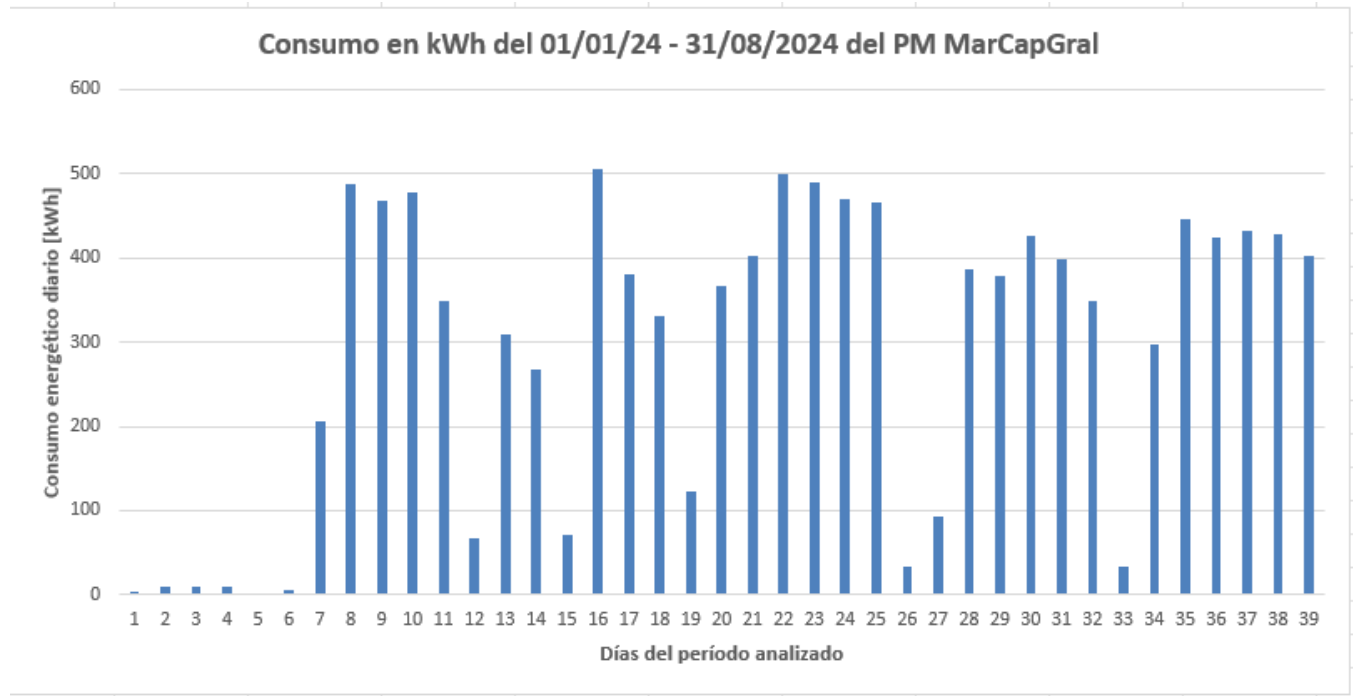


Fig. 90. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarCapGral en el período analizado.

- Se observa ausencia de datos en muchos de los días del período de análisis (de hecho, solo se tienen datos en 39 de los 244 días del período de análisis).
- Se observa un bajo consumo a finales del mes de julio.
- Los demás valores siguen una tendencia y no hay valores muy alejados de esta.

### PM 4: MarCompH

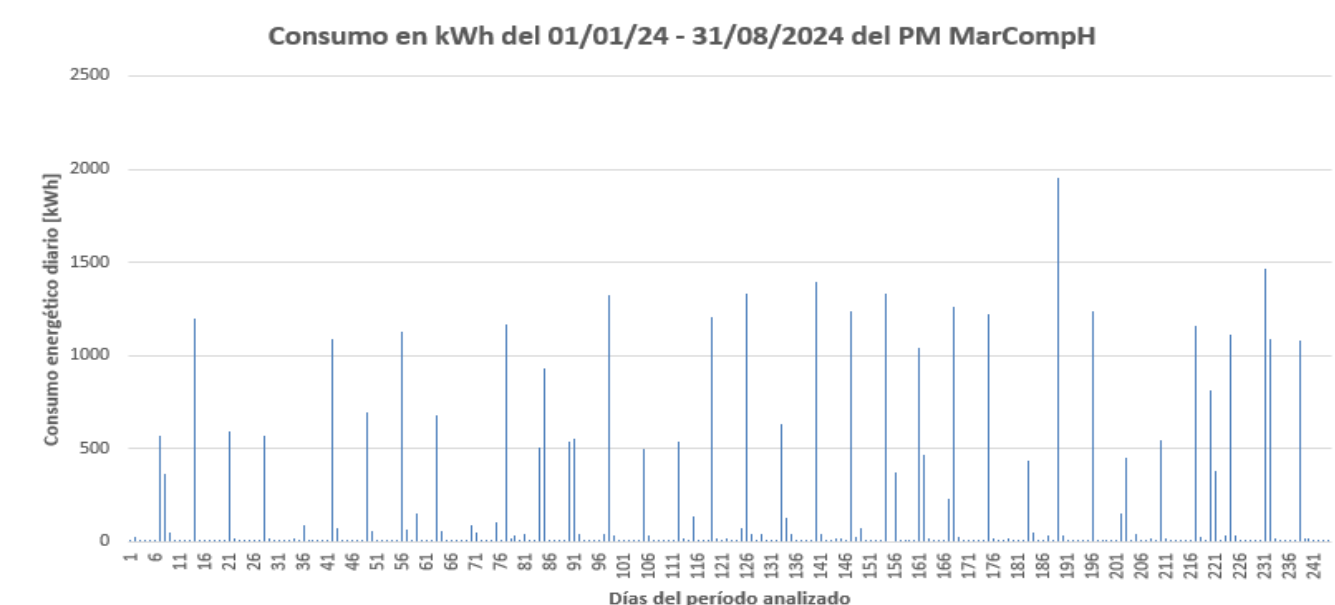


Fig. 91. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarCompH en el período analizado.

- Se observa que los días importantes de consumo son los domingos y días festivos.
- Se observa un pico de consumo en el día 07/07/2024 que se aleja de la tendencia de consumo.

### PM 5: MarConfecc

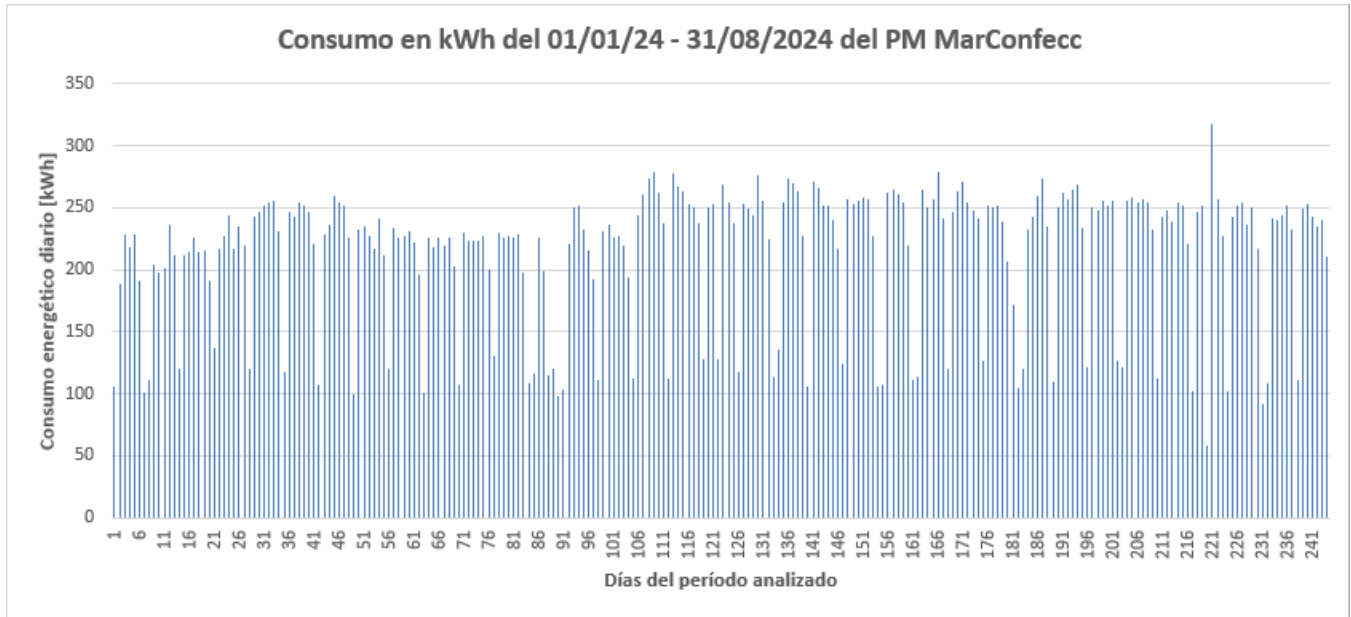


Fig. 92. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarConfecc en el período analizado.

- Se encontró un pico de consumo el día 08/08/2024.
- Se observa un aumento en la tendencia de consumo a partir del 16/04/2024.

### PM 6: MarCorte1

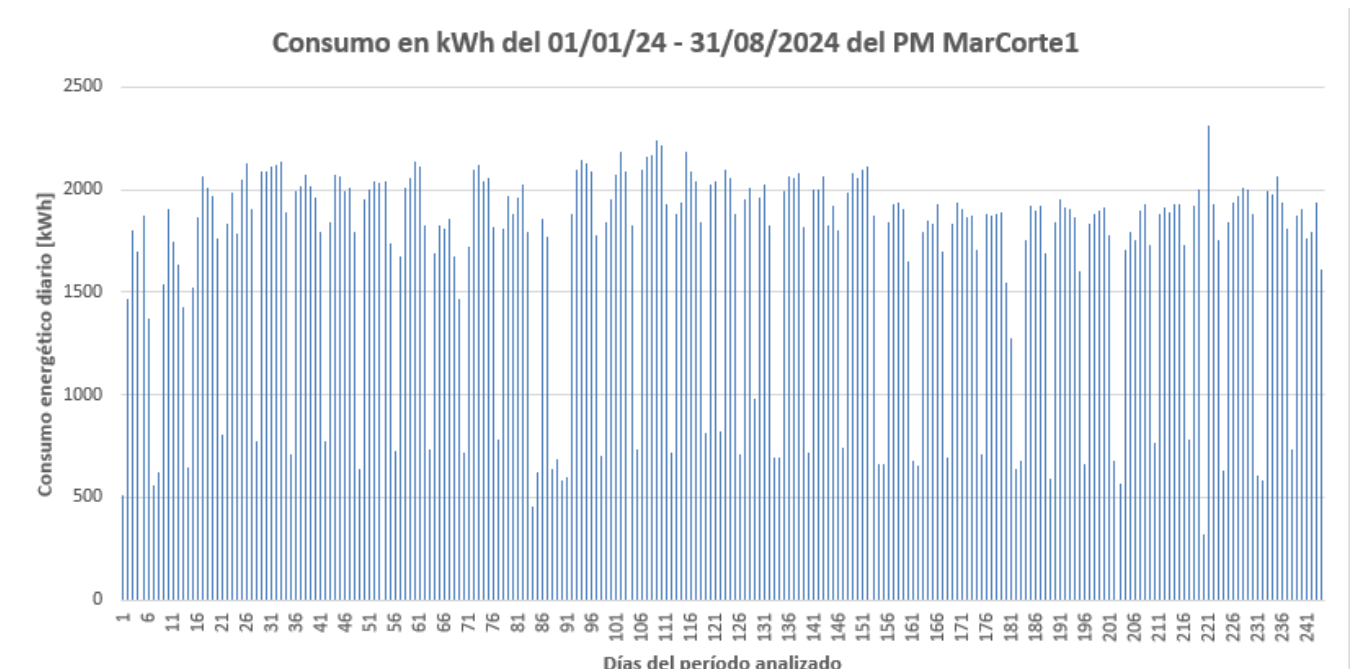


Fig. 93. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarCorte1 en el período analizado.



- Se observa una tendencia de consumo en el período de análisis, salvo por el día 8/08/2024, en el cual se presentó un pico de consumo alejado de la tendencia mencionada.

### PM 7: MarCorte2

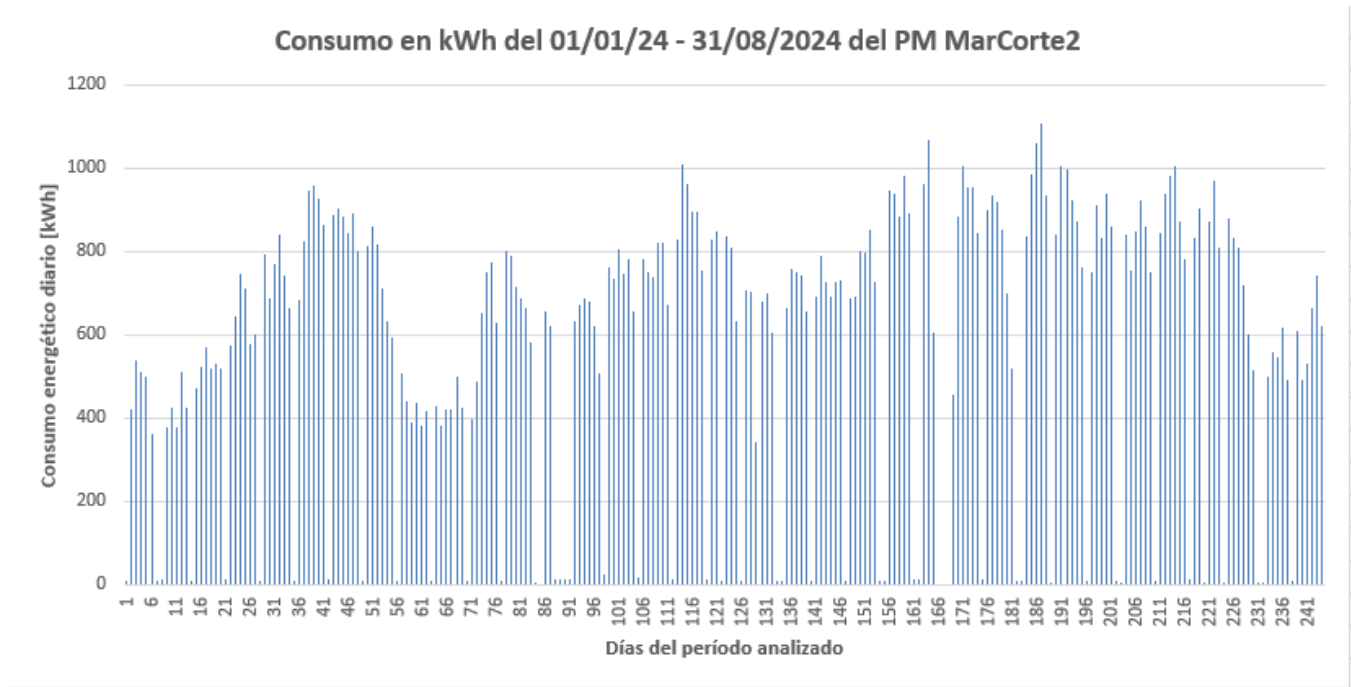


Fig. 94. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarCorte2 en el período analizado.

- No se registraron datos de medición los días 14/06/2024, 15/06/2024, 16/06/2024.

### PM 8: MarElliot

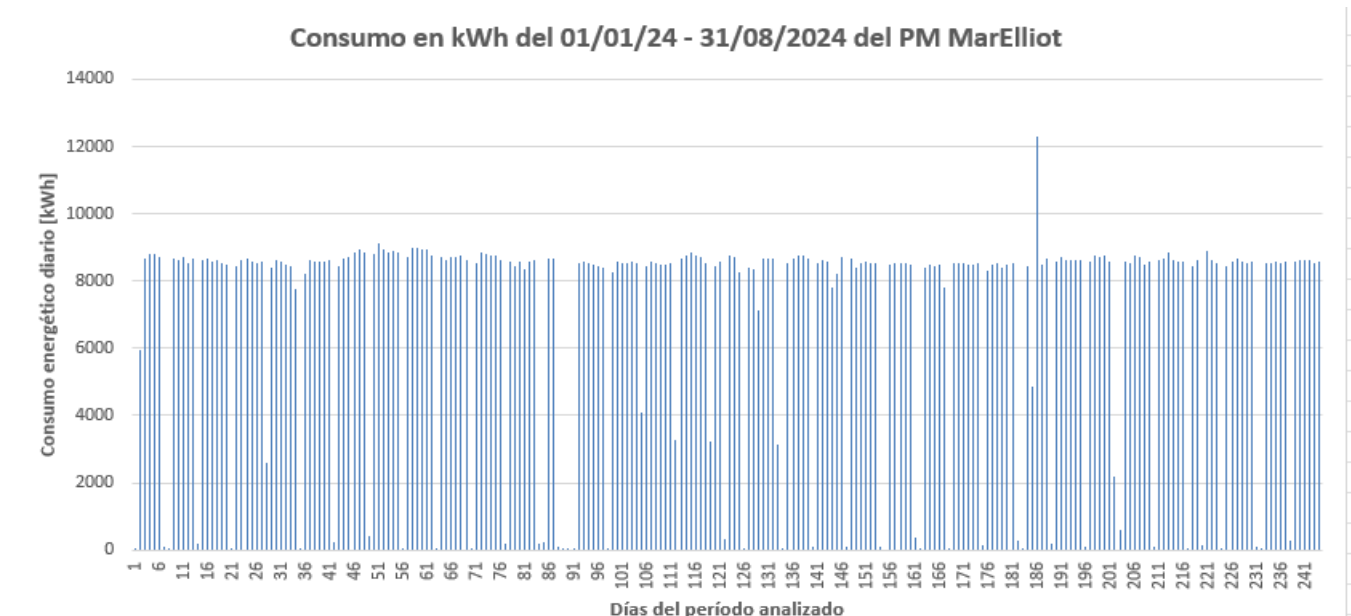


Fig. 95. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarElliot en el período analizado.

- No registró dato de consumo el día 03/06/2024.
- Se observa una clara tendencia de consumo en el período de análisis, sin embargo, se observó un pico de consumo salido de esta tendencia el día 4/07/2024.

### PM 9: MarGralAir

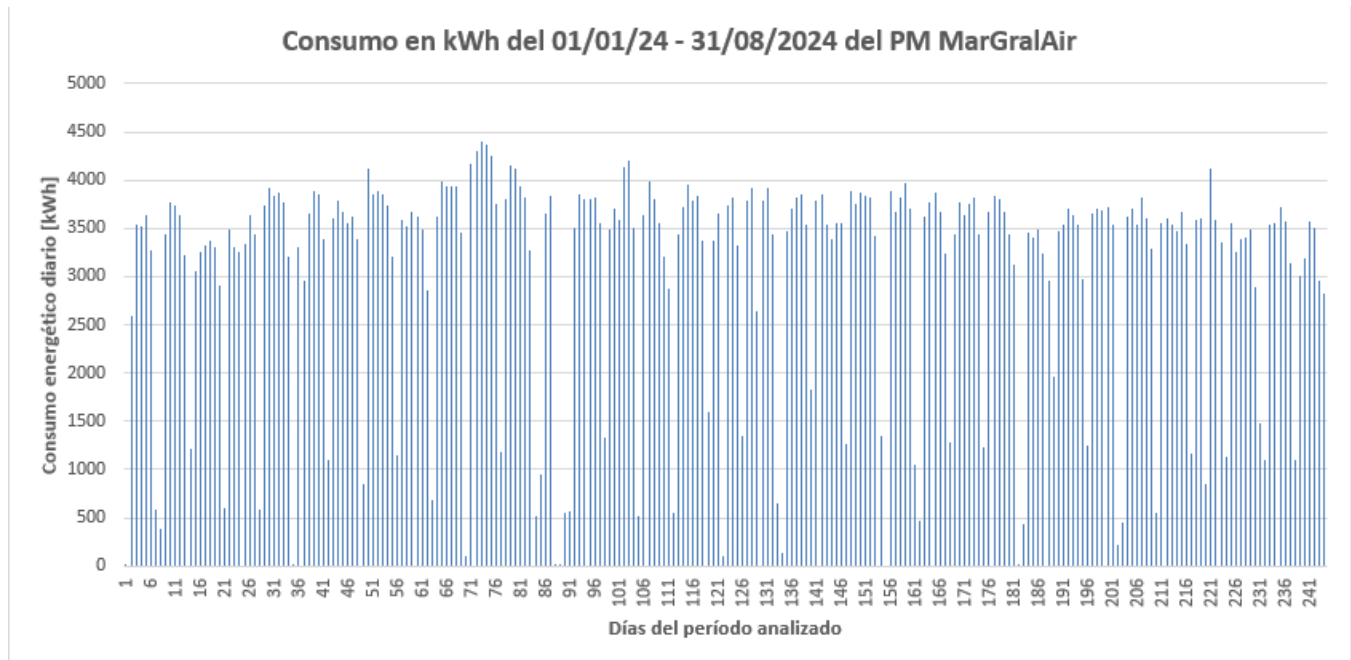


Fig. 96. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarGralAir en el período analizado.

- No registró dato de consumo el día 03/06/2024.
- Se observa reducción en la tendencia de consumo a partir del mes de junio aproximadamente.

### PM 10: MarHilatur

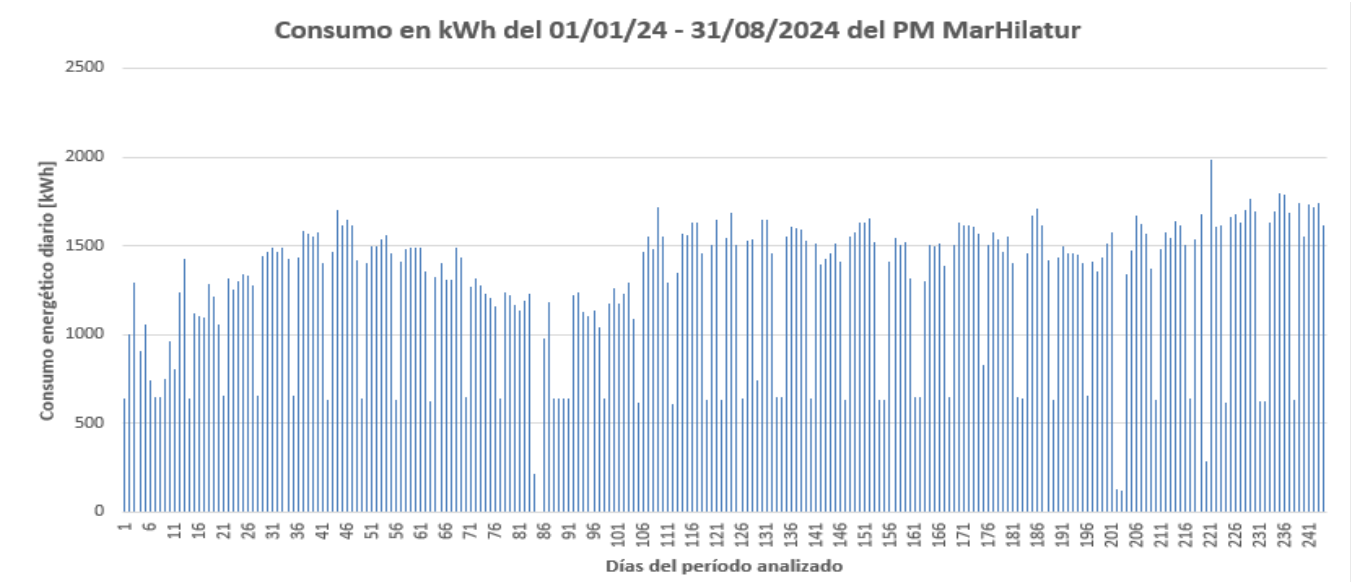


Fig. 97. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarHilatur en el período analizado.

- No registró dato de consumo el día 25/03/2024.
- Se observó un pico de consumo el día 08/08/2024.

### PM 11: MarTotTR3

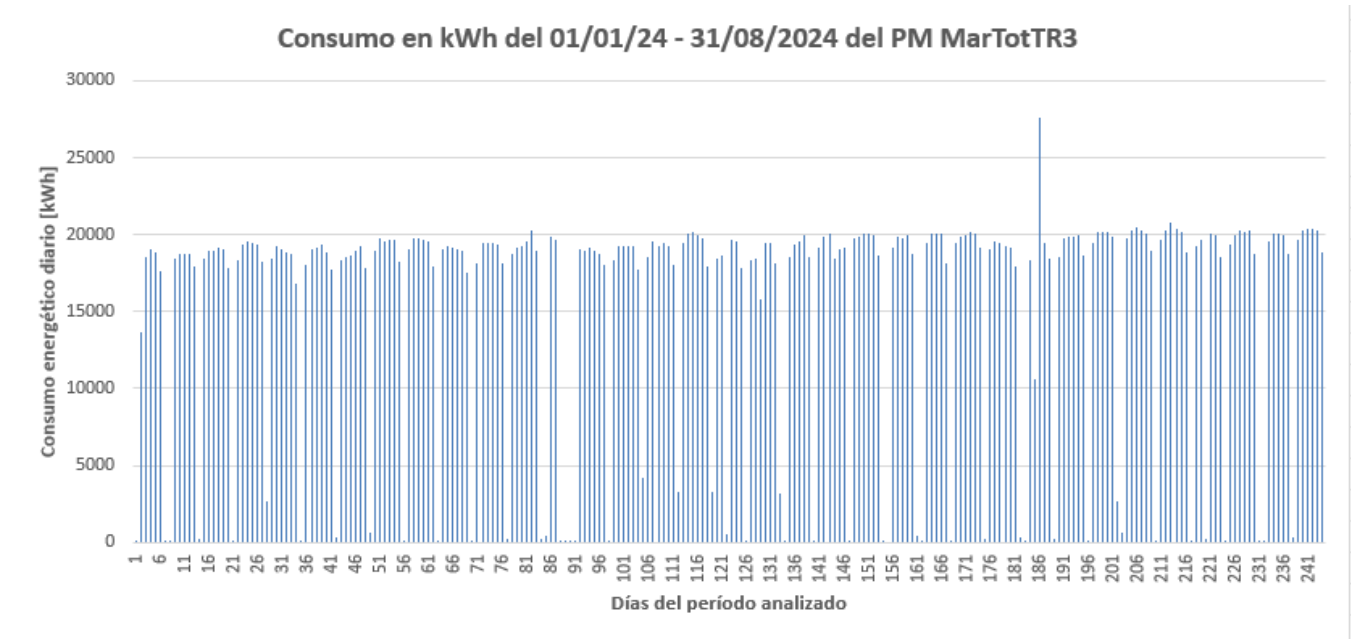


Fig. 98. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarTotTR3 en el período analizado.

- No hay registro de medición el día 3/06/2024.
- Se observó un pico de consumo el día 4/07/2024.

### PM 12: MarUMAS

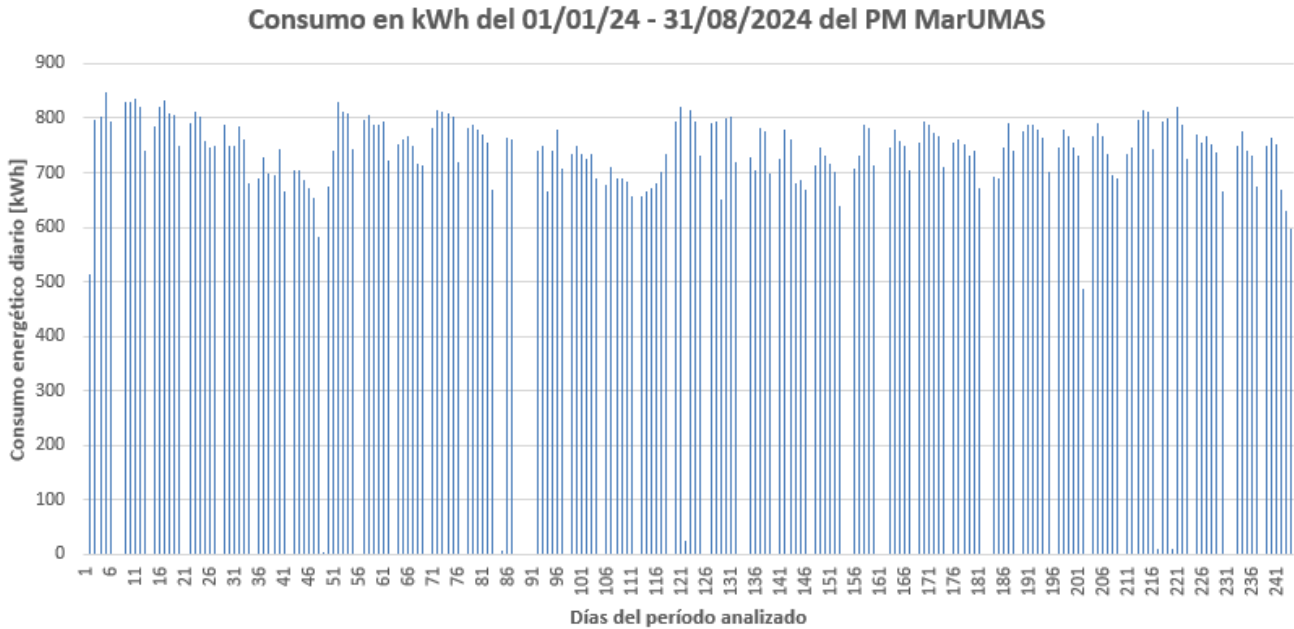


Fig. 99. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarUMAS en el período analizado.

Se observa una tendencia de consumo durante el período de medición, sin consumo(o muy bajo consumo) los domingos y festivos.

### PM 13: MarTint2

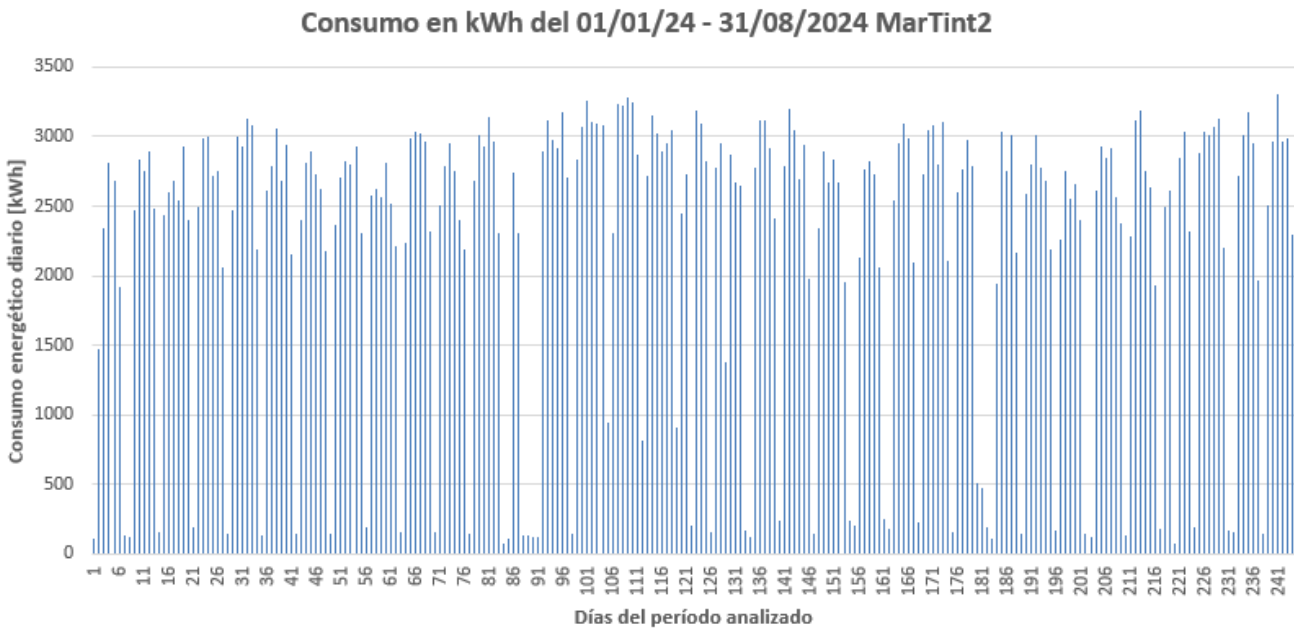


Fig. 100. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarTint2 en el período analizado.

- Se observa una tendencia de consumo sin picos muy alejados de esta.

### PM 14: MarTejCirc

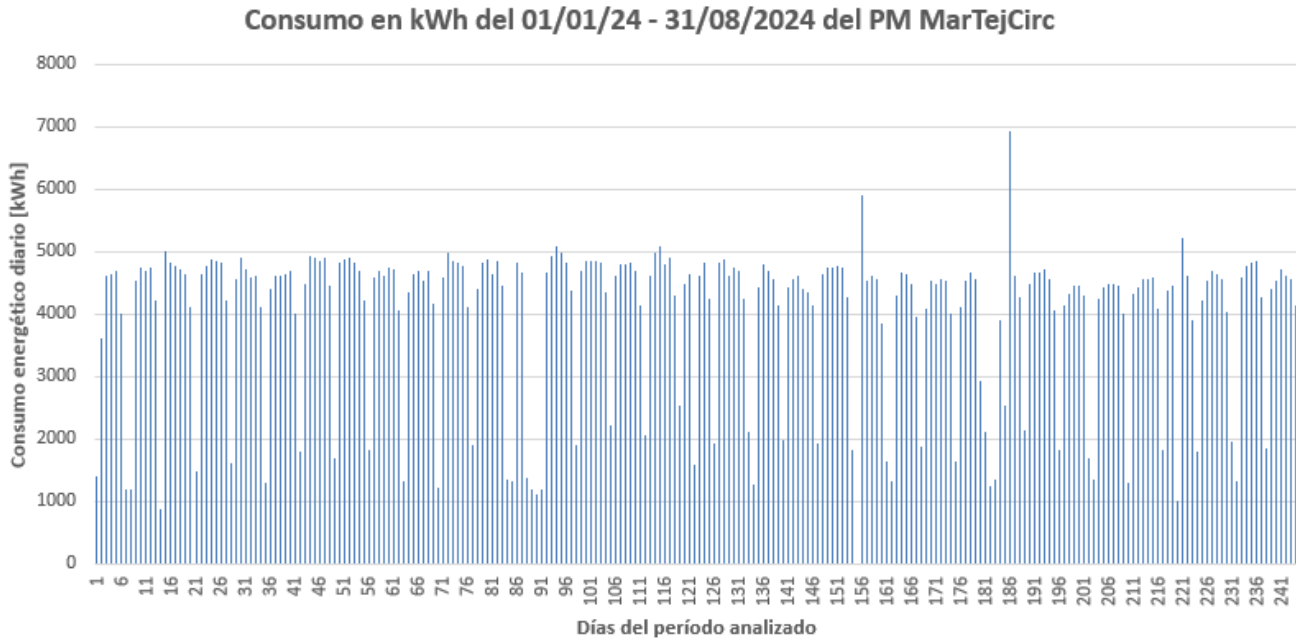


Fig. 101. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarTejCirc en el período analizado.

- No hay registro de medición el día 3/06/2024.
- Se registró un pico de consumo los días 4/06/2024, 4/07/2024 y 8/08/2024 con valores de consumo alejados a la tendencia de consumo registrada en el período de medición.
- En general, se observa una disminución en la tendencia de consumo a partir del 9/05/2024.

### PM 15: MarTejCalc

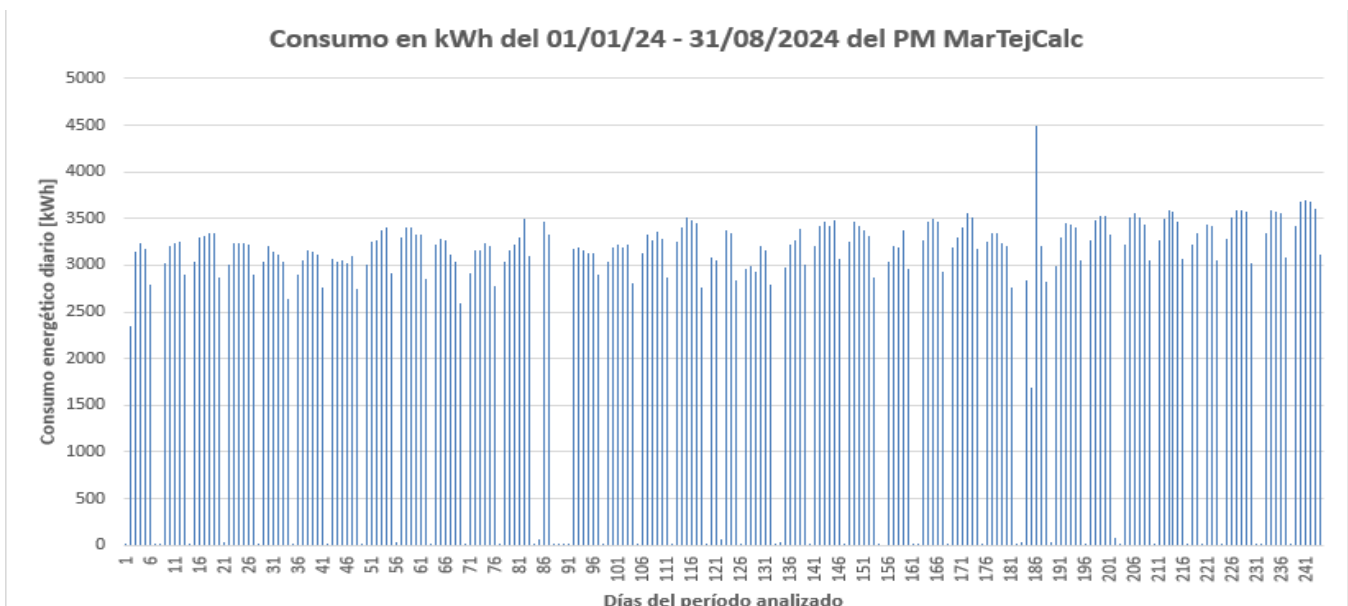


Fig. 102. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarTejCalc en el período analizado.

- No se registró datos de consumo el día 3/06/2024.
- Se registró un pico de consumo salido de la tendencia de consumo el día 4/07/2024.

### PM 16: MarSolar

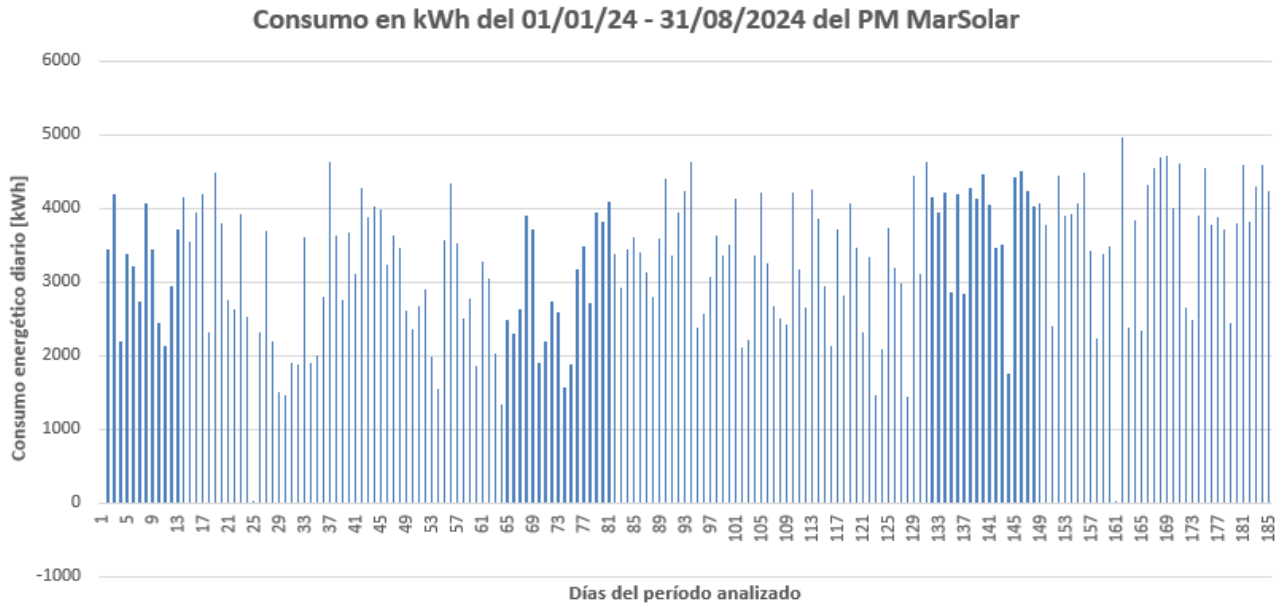


Fig. 103. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarSolar en el período analizado.

- No hay mediciones en el mes de enero y solo una en el mes de febrero.
- Se observaron dos puntos de consumo muy por debajo de la tendencia en los días 24/03/2024 y 7/08/2024.
- Se observó un pico de consumo el día 8/08/2024.

### PM 17: MarServid

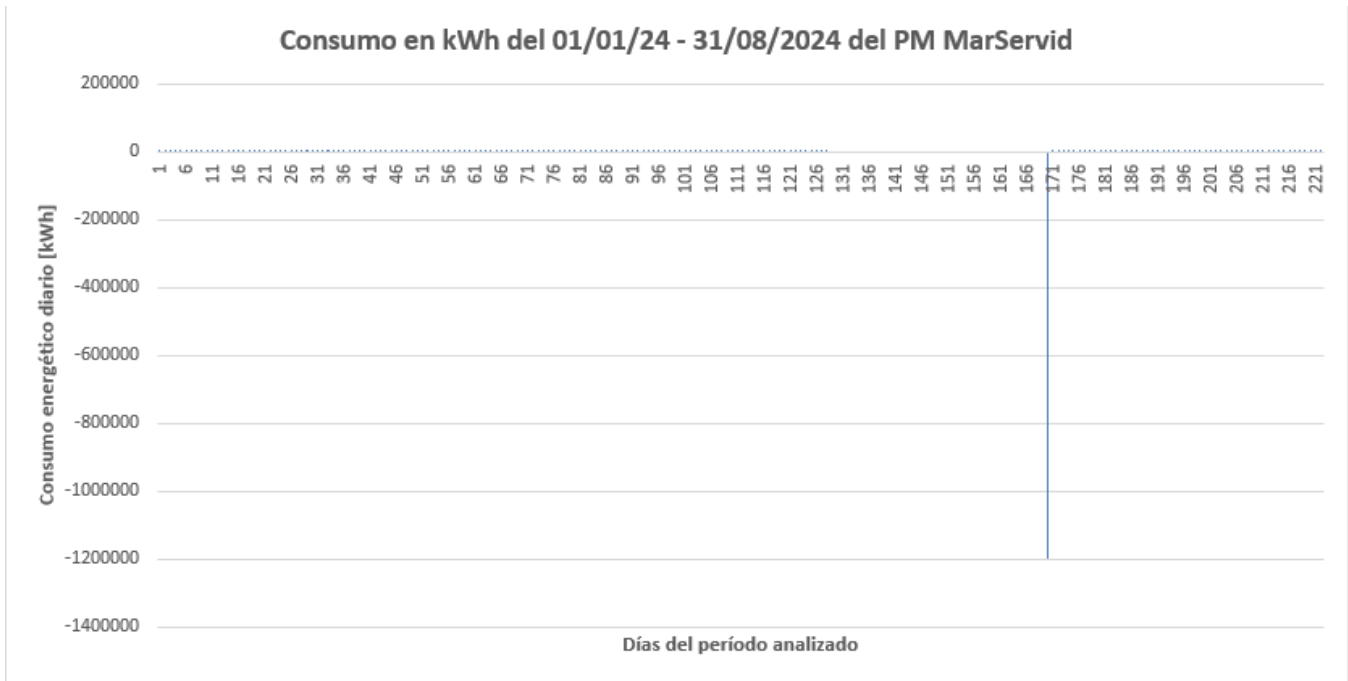


Fig. 104. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarServid en el período analizado.

- No se registraron datos de consumo en los días del 18/06/2024 al 09/07/2024.
- Se observó un pico de consumo negativo(osea, como si fuera de generación), el día 10/07/2024, cabe destacar que es un valor bastante alejado de la tendencia de consumo por lo tanto se presupone es un error puntual de medición en el PM para este día.
- Se observaron también varios días con medida de consumo negativo, lo cual no es coherente teniendo en cuenta que la subestación a la que este PM está registrando medidas, no está conectada aguas abajo a la generación solar.

### PM 18: MarSecUMAS

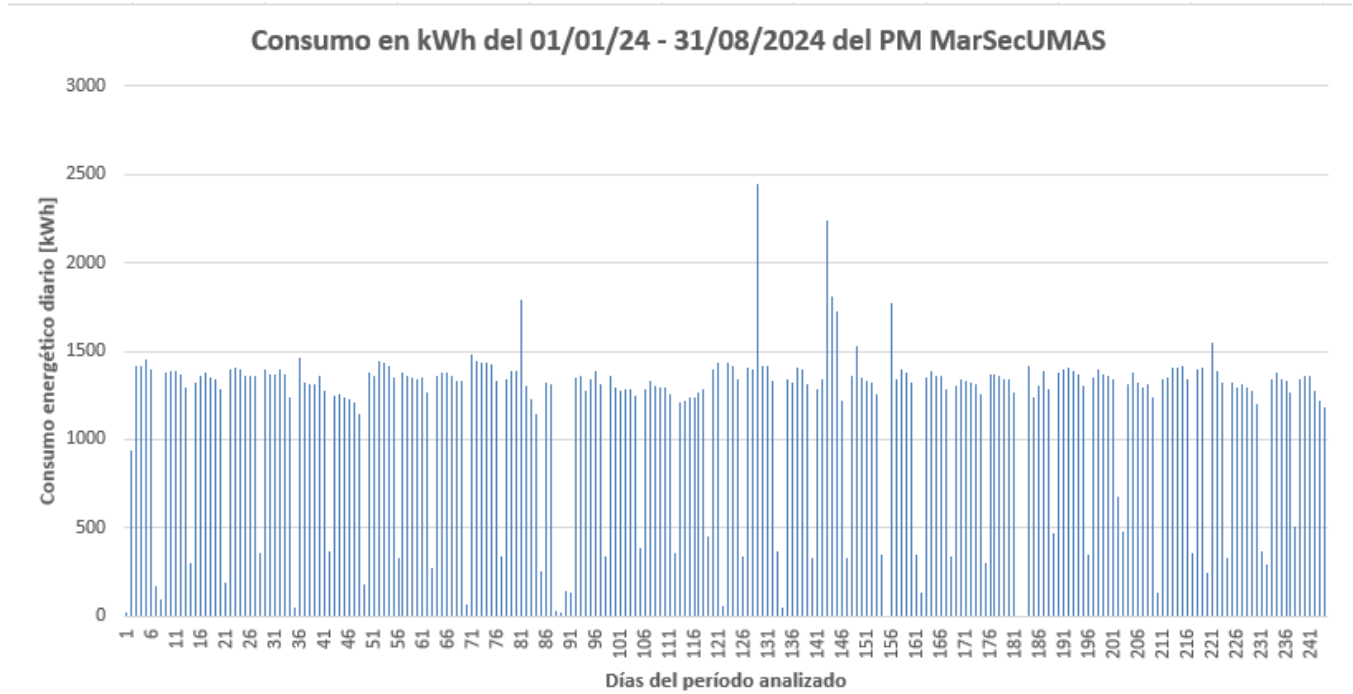


Fig. 105. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarSecUMAS en el período analizado.

- Se observaron picos salidos de la tendencia de consumo los días 21/03/2024, 8/05/2024, 22/05/2024, 23/05/2024, 24/05/2024 y 4/06/2024.
- No registra dato de consumo el día 3/06/2024.

### PM 19: MarSecc

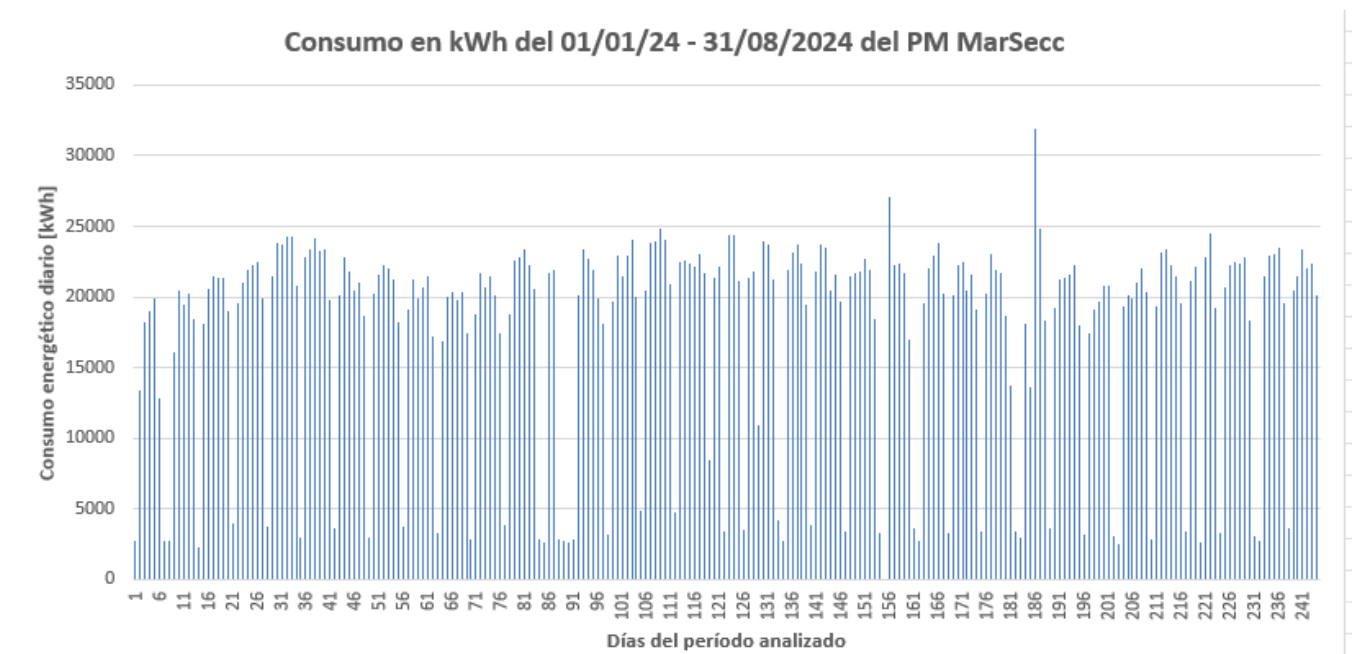


Fig. 106. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarSecc en el período analizado.



- No registra dato de consumo el día 3/06/2024.
- Se observa una tendencia de consumo, a excepción de un pico de consumo presentado el día 4/07/2024.

### PM 20: MarLabTint

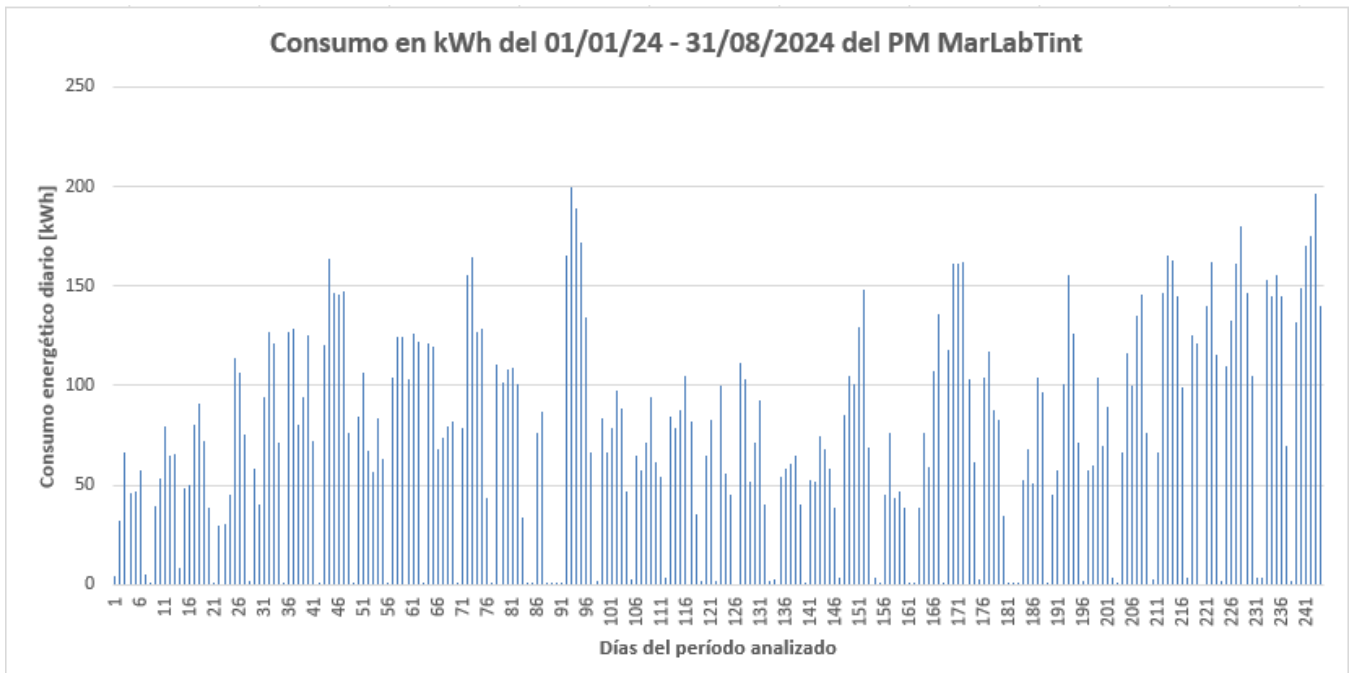


Fig. 107. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarLabTint en el período analizado.

- Se observa una tendencia de consumo con un pico levemente salido de esta tendencia el día 30/08/2024.

**PM 21: MarKemco**

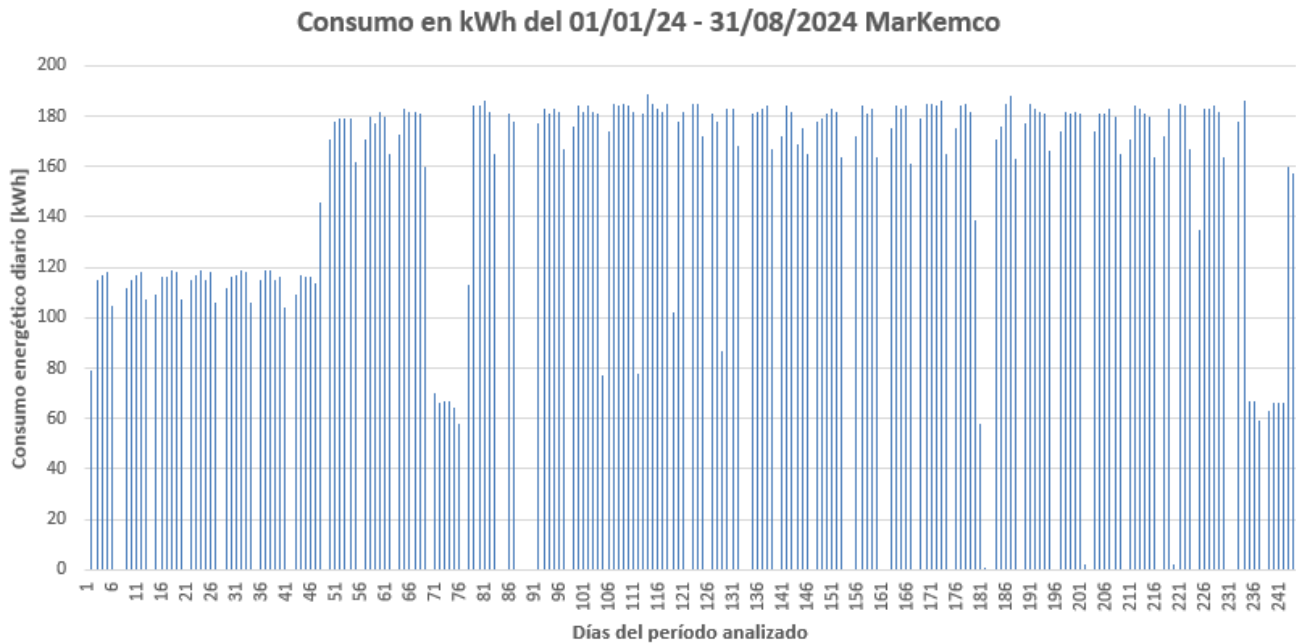


Fig. 108. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarKemco en el período analizado.

- Se observa una reducción en la tendencia de consumo a partir del día 22/08/2024.

**PM 22: MarHilos1**

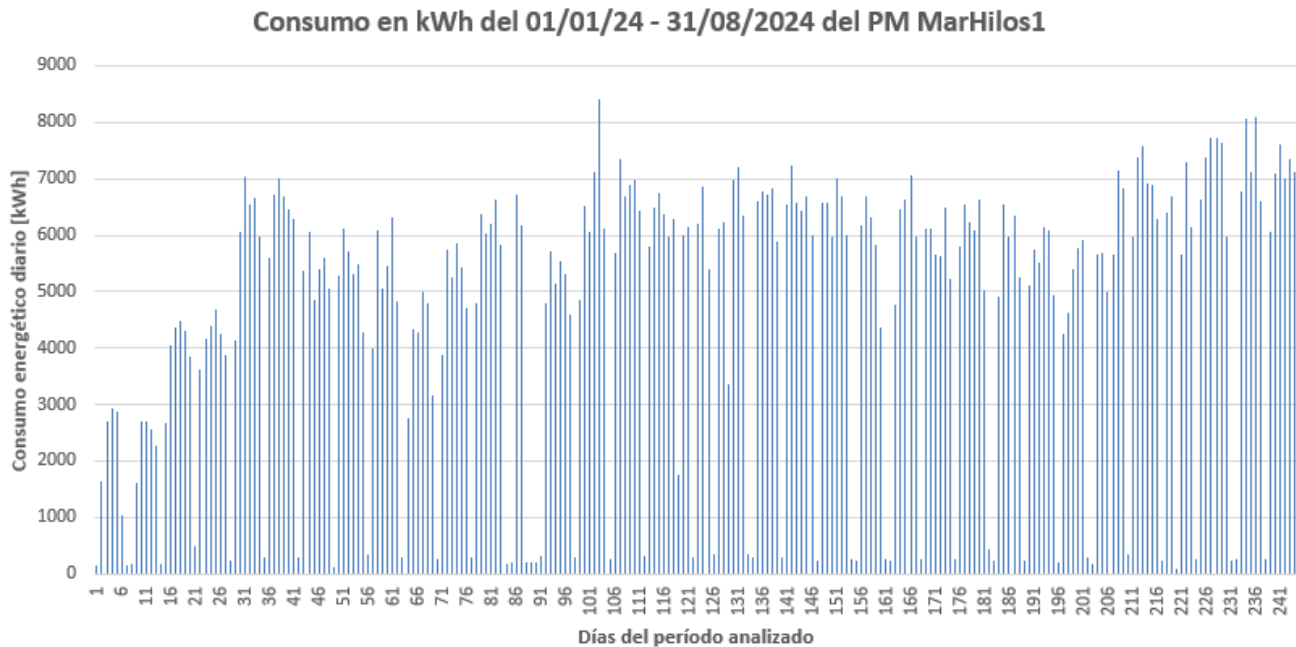


Fig. 109. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarHilos1 en el período analizado.

- Se observó un pico de consumo el día 12/04/2024.

**PM 23: MarHilos2**

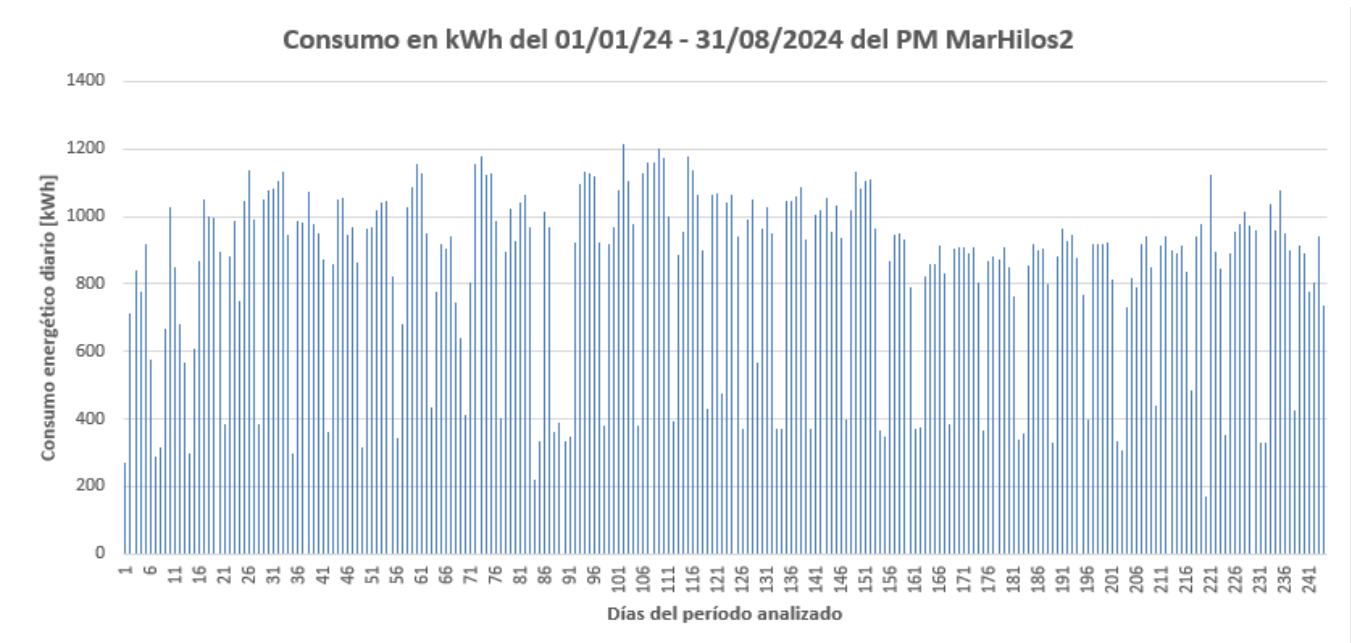


Fig. 110. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarHilos2 en el período analizado.

- Se observa una disminución en la tendencia del consumo a partir del mes de abril.

**PM 24: MarCalINS**

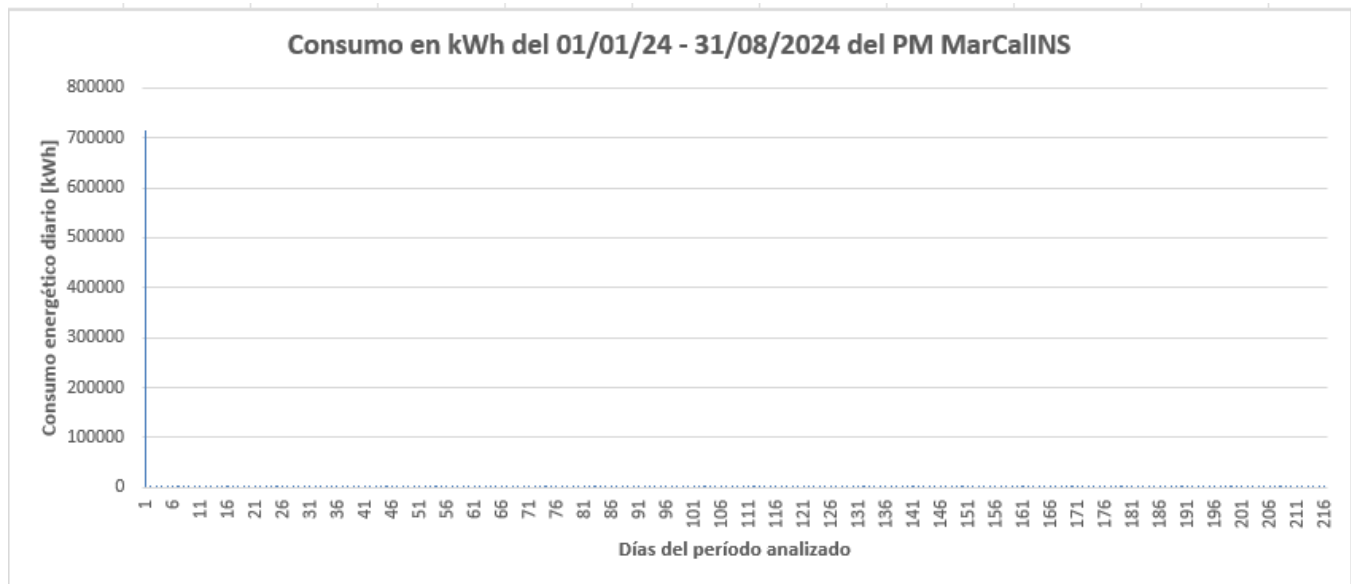


Fig. 111. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarCalINS en el período analizado.

- Se observa un pico bastante elevado de consumo el día 25/01/2024 que probablemente sea un error de medición del PM por ser este muy elevado.

- No hay datos de consumo del 01/01/2024 al 24/01/2024, tampoco los hay los días 27/01/2024, 28/01/2024 y tampoco los hay en los días 02/03/2024 y 03/03/2024.

**PM 25: MarCald**

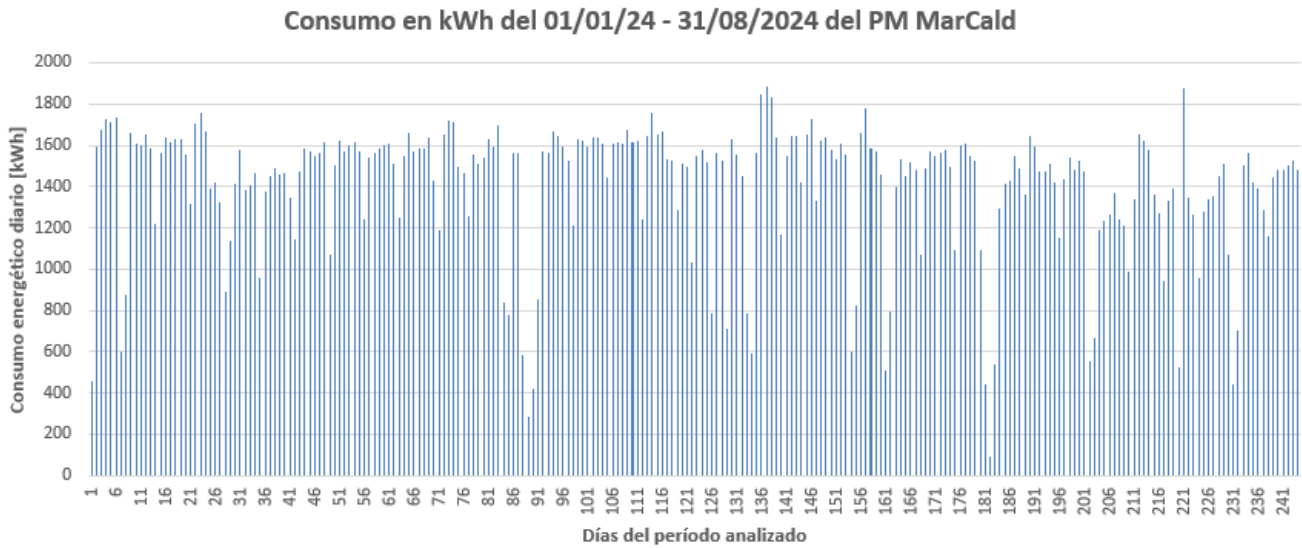


Fig. 112. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarCalINS en el período analizado.

- Sigue una tendencia, hay un par de valores pico en el período de análisis pero no muy alejados.

**PM 26: MarBlower**

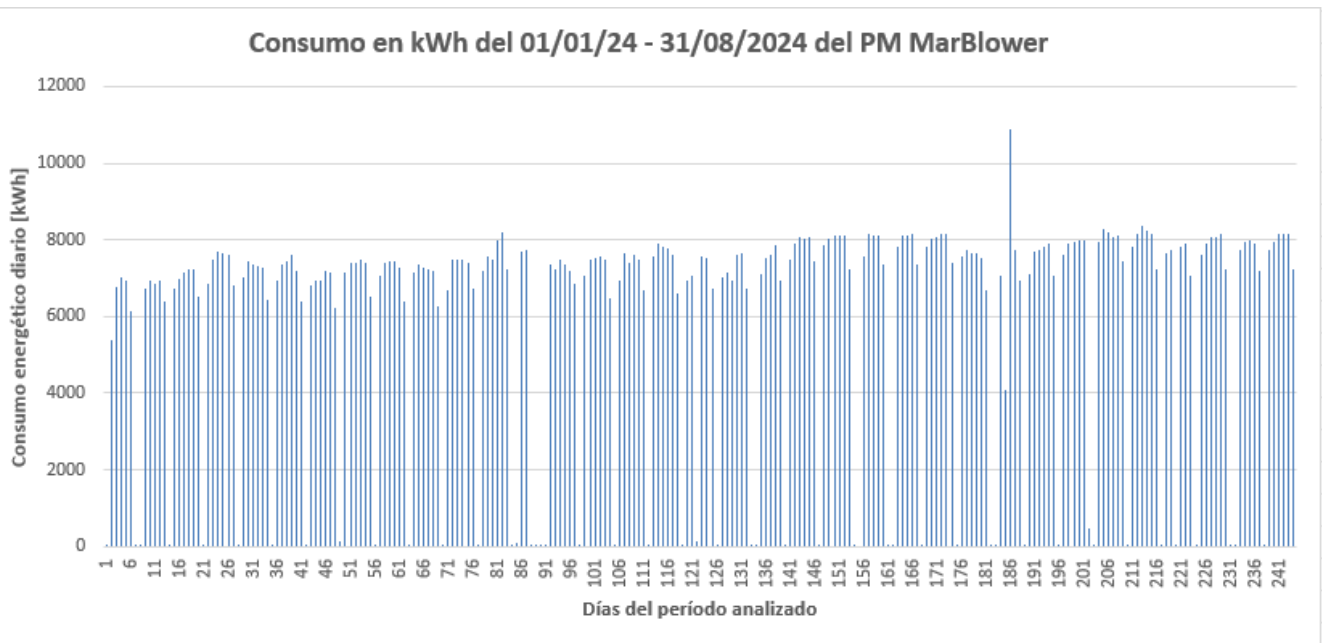


Fig. 113. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarBlower en el período analizado.

- No se registra medición el día 3/06/2024.

-Se registró un pico de consumo el día 4/07/2024, el cual se aleja bastante de la tendencia de valores registrados.

**PM 27: MarAutotex**

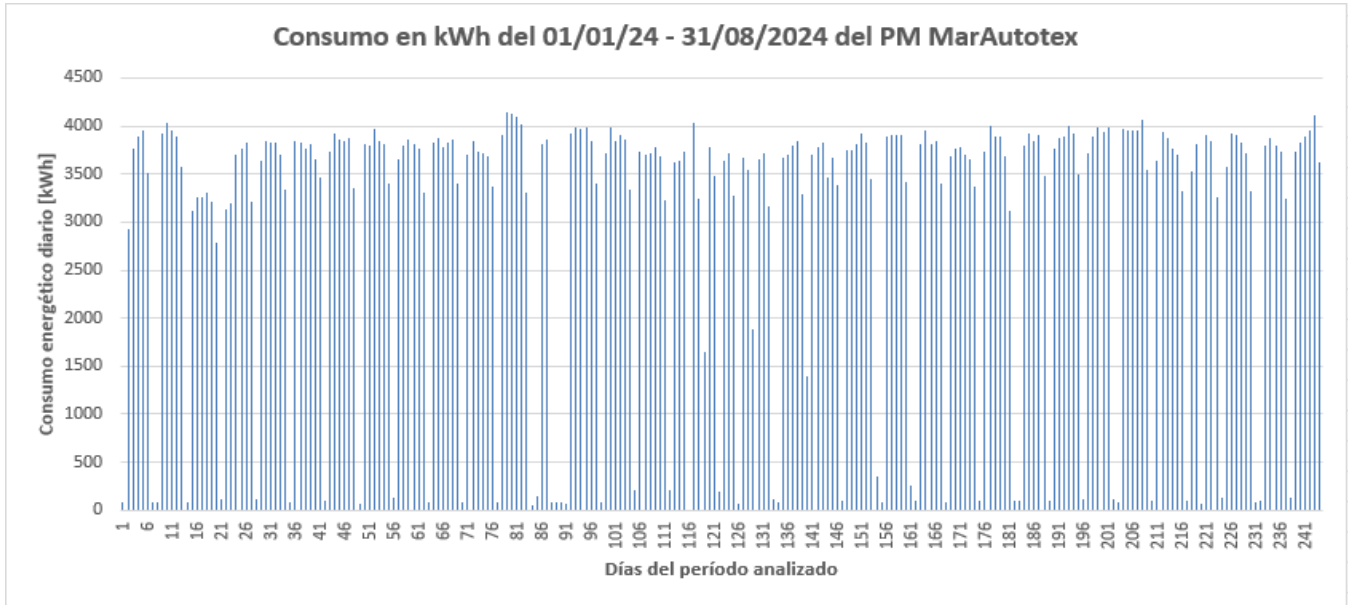


Fig. 114. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarAutotex en el período analizado.

- No registra medición el día 25/04/2024.
- Por lo demás se registra una tendencia clara sin valores alejados de esta.

**PM 28: MarAntides**

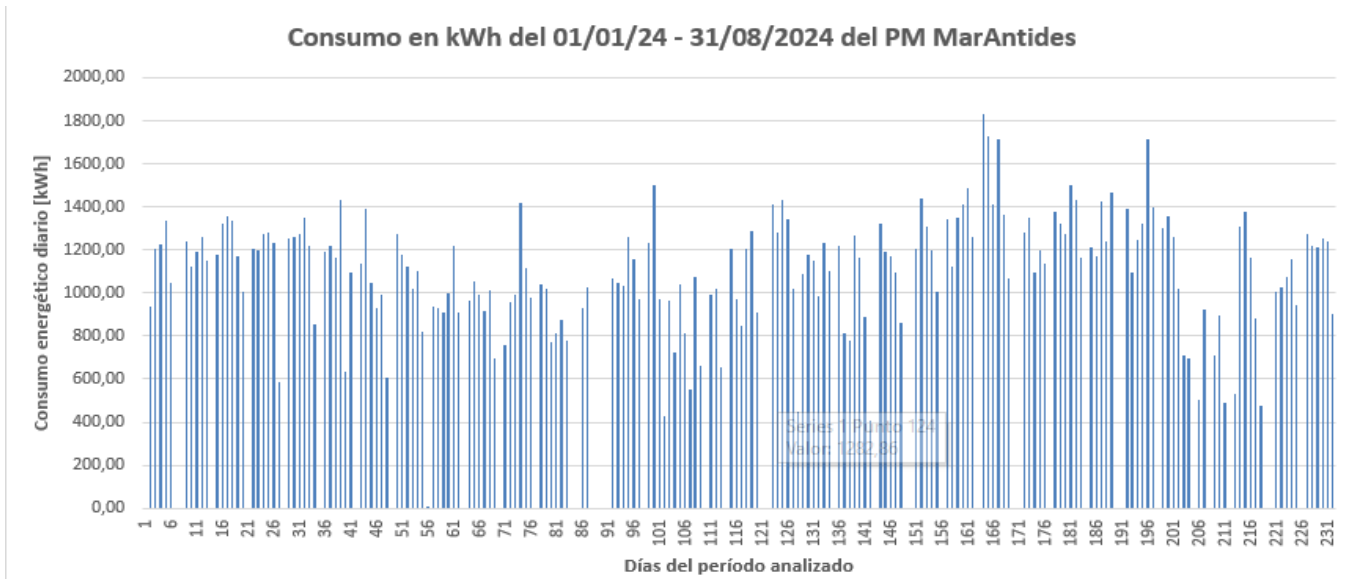


Fig. 115. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarAntides en el período analizado.

- Faltan mediciones en las fechas del 11/04/2024 al 22/04/2024.
- Se observa ausencia de consumos los domingos y festivos.
- Se encontraron picos de consumo en los días finales del mes de junio y uno el 26/07/2024.

**PM 29: MarAcab**

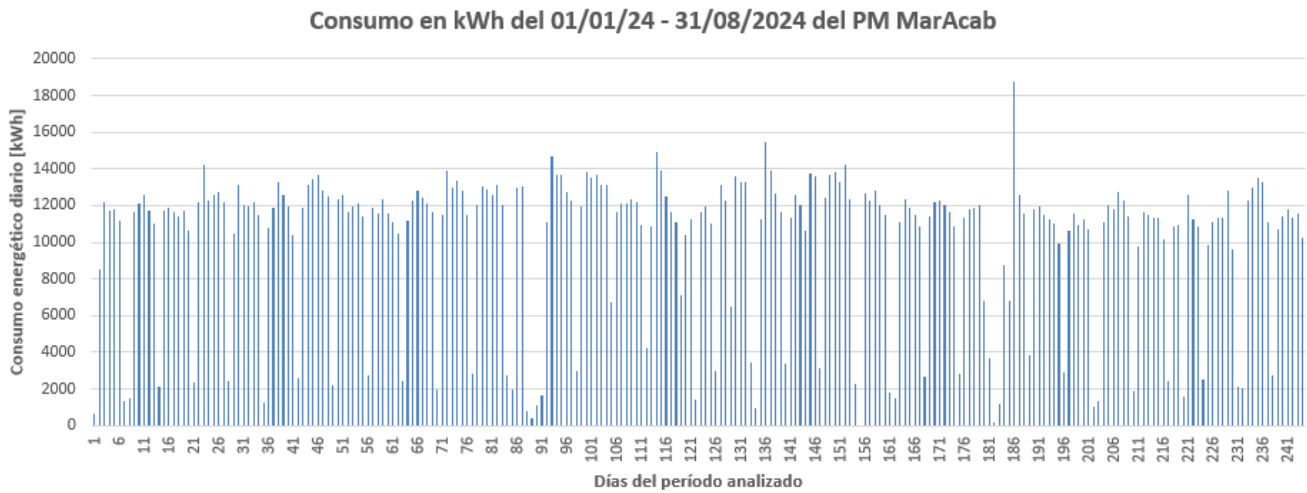


Fig. 116. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarAcab en el período analizado.

- Se halló un pico elevado de consumo el día 4/07/2024 (salido de la tendencia de comportamiento).
- No hay dato de medición en el día 3/06/2024.

**PM 30: Mar\_Crys\_R**

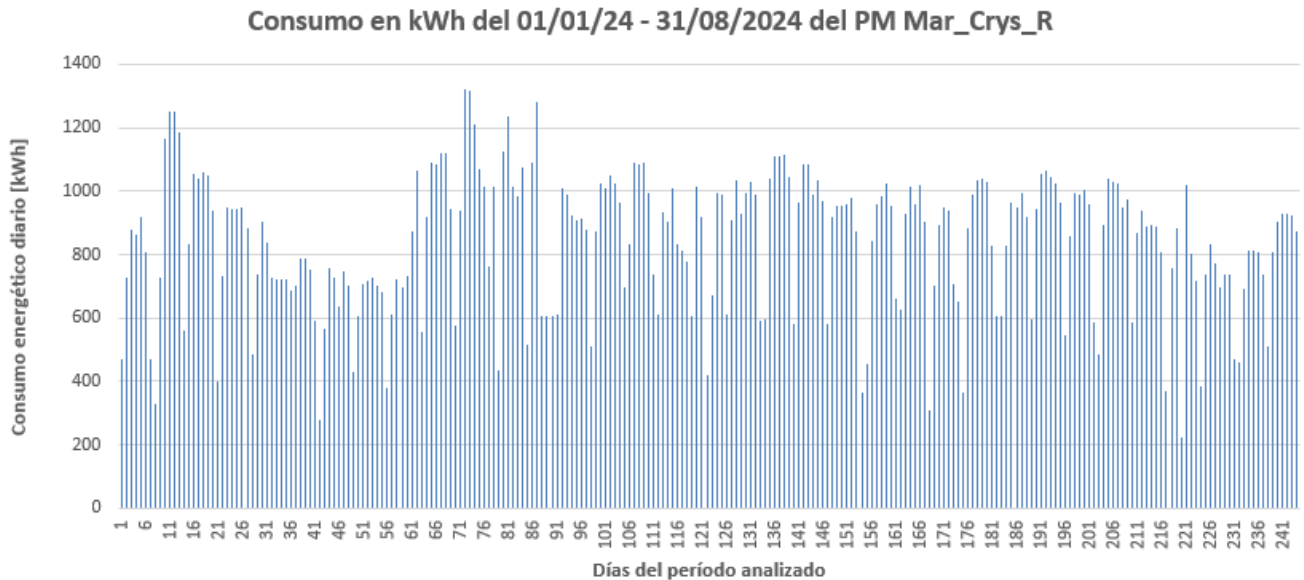


Fig. 117. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM Mar\_Crys\_R en el período analizado.

- Se nota una tendencia sin valores muy alejados de esta.

**PM 31: Mar\_CimInd**

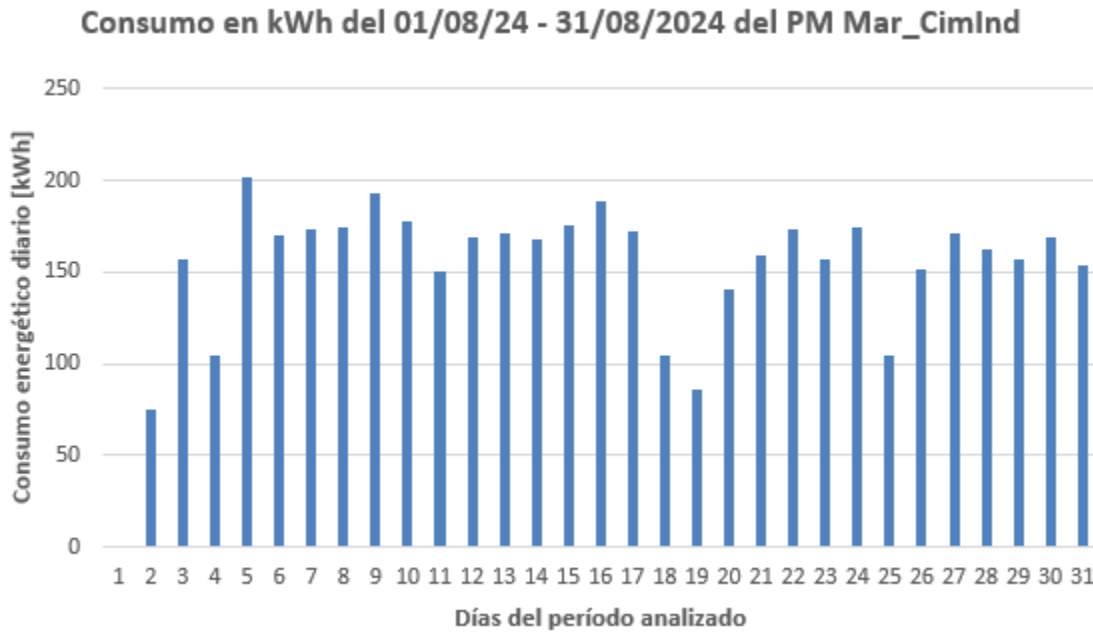


Fig. 118. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM Mar\_CimInd en el período analizado.

- Se encuentran registros de medición solo a partir del mes de agosto (desde el 02/08/2024).
- En uno de los dos festivos de agosto se notó una reducción notable en el consumo (19/08/2024) pero en el otro(07/08/2024) se consumió con la tendencia normal.

**PM 32: MarAguaInd**

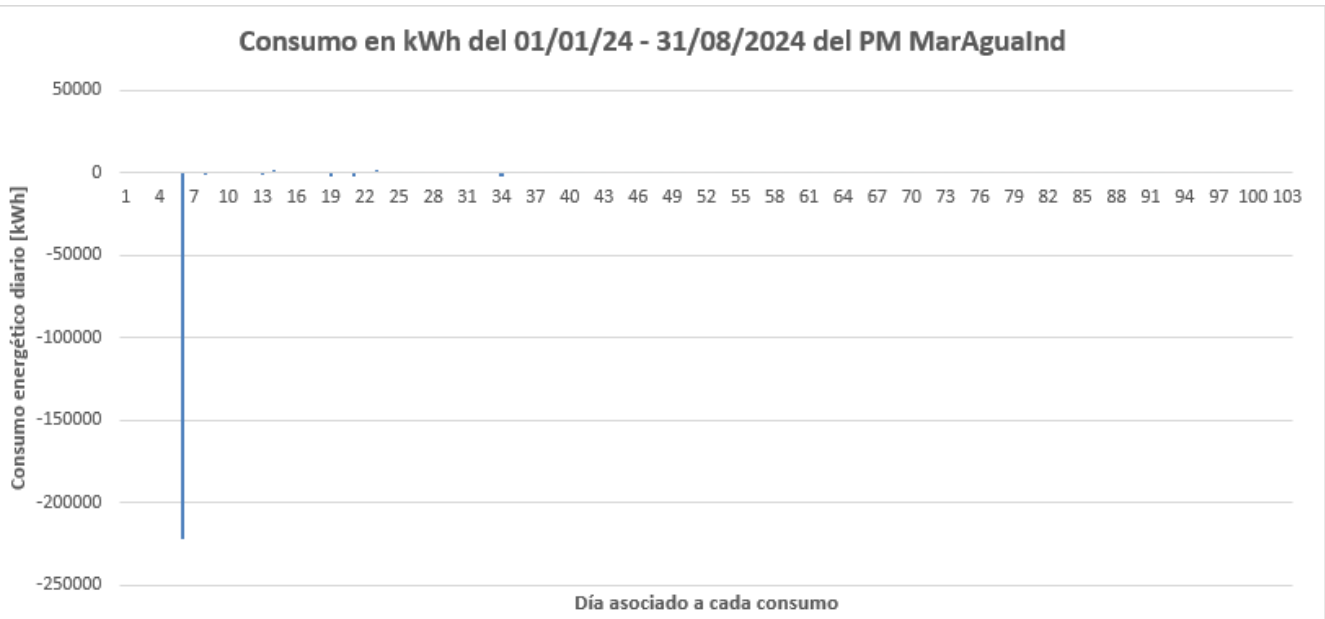


Fig. 119. Gráfico de consumo en kWh registrado por el PM MarAguaInd en el período analizado.

- Se observa ausencia de datos en muchas de las fechas del período de análisis.

- Se observa un pico inusual de potencia negativa el día 18/03/2024 (si bien es factible el hecho de encontrar lecturas negativas en la subestación 8 por la generación solar, este pico está bastante alejado de la tendencia).

Al final de esta actividad, se presentaron las siguientes recomendaciones referentes a cada uno de los aspectos inusuales notados:

- Inconsistencias en el Registro de Datos: La falta de registros en varios PM's indica la necesidad de revisar y mantener los dispositivos de medición. Esto puede afectar la precisión del análisis y la toma de decisiones, por lo que se recomienda implementar un mantenimiento regular.
- Picos Inusuales de Consumo: Los picos detectados en ciertas fechas requieren una investigación más profunda para determinar sus causas. Estos eventos podrían estar relacionados con cambios operativos, fallos en equipos, o problemas externos, su identificación es importante para mitigar o prevenir futuros impactos en el consumo.
- Tendencias de Consumo Diversas: Las variaciones en el consumo, con tendencias tanto de crecimiento como de reducción en diferentes áreas, sugieren que las estrategias de gestión energética deben ser personalizadas. Una buena práctica sería realizar un análisis específico por zonas para identificar prácticas eficientes y áreas que requieran optimización.
- Oportunidades de Mejora en Eficiencia Energética: El crecimiento del consumo en ciertos sectores puede reflejar ineficiencias o un aumento en la demanda. Se recomienda evaluar los procesos y tecnologías utilizadas en estas áreas para implementar medidas que reduzcan el consumo sin comprometer la producción.

Y finalmente el objetivo final fue el de ejecutar las anteriores recomendaciones, decisión que quedó a cargo del ingeniero de proyectos.

Por último, se presenta la segunda actividad relacionada con el tercer objetivo específico, la cual se trató de la actualización del diagrama unifilar de los PM's de la empresa, esto para tener de forma condensada la cantidad de PM's instalados y como encontrarlos información importante tanto para personal de la empresa como para empresas de terceros que vengán a ejercer laborales en las respectivas cargas que son medidas por estos PM's, o incluso para hacer mantenimiento de los mismos.

Este diseño se realizó por medio del software de Autodesk: AutoCad y este fue el resultado:



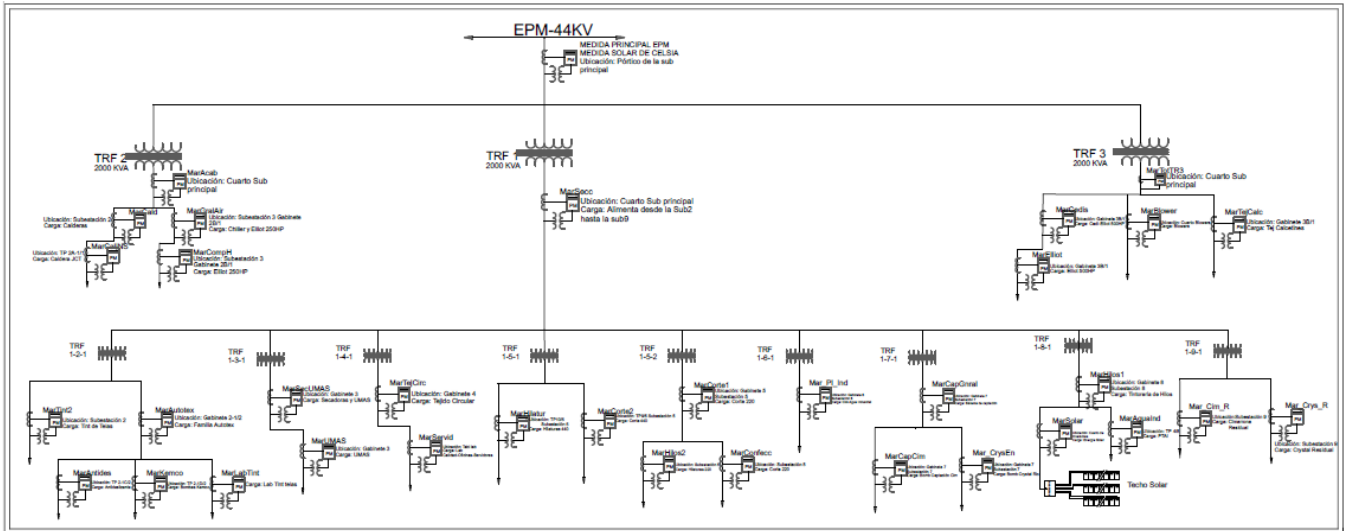


Fig. 120. Diagrama unifilar de los PM's de Crystal.

Como el plano es considerablemente extenso, se desglosan los PM's por cada uno de los transformadores 1, 2 y 3, los cuales son los transformadores principales. Esto para presentar una mejor visualización de estos:

**Para el transformador 1:**

Como este transformador tiene bastantes ramales asociados, se desglosa entonces entre varias imágenes, esto de nuevo, para lograr una mejor visualización:

**Transformadores 1-2-1, 1-3-1 y 1-4-1:**

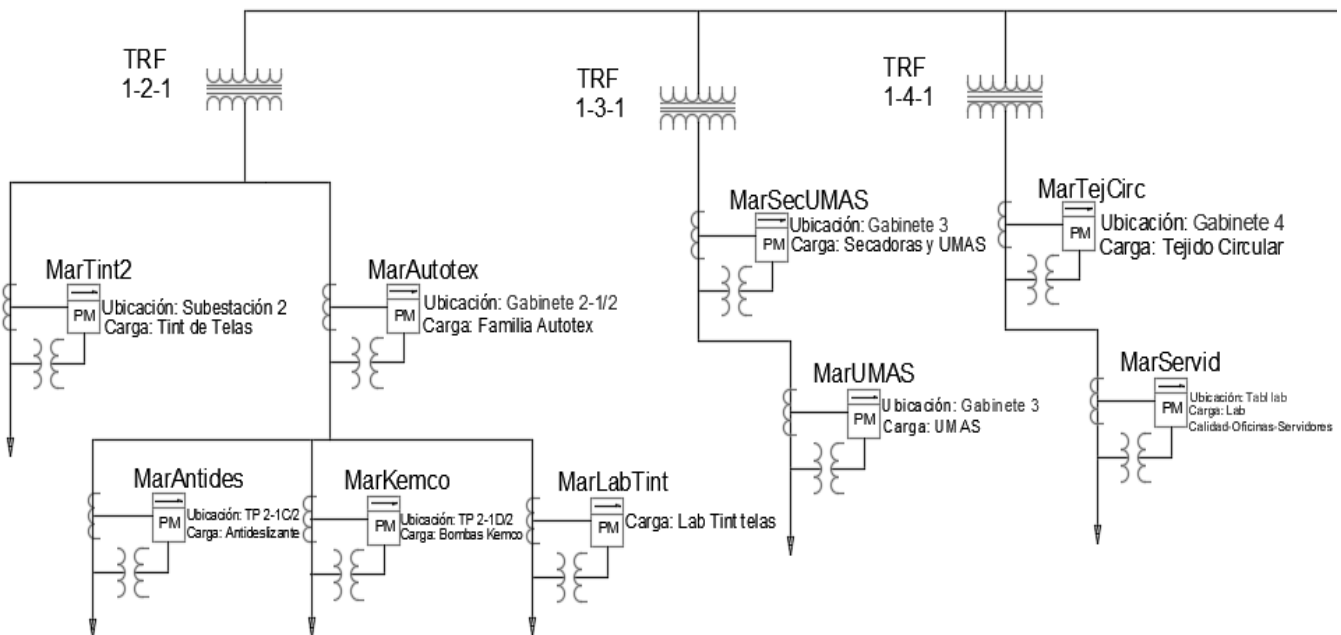


Fig. 121. PM's asociados a los transformadores 1-2-1, 1-3-1 y 1-4-1.

**Transformadores 1-5-1, 1-5-2 y 1-6-1:**

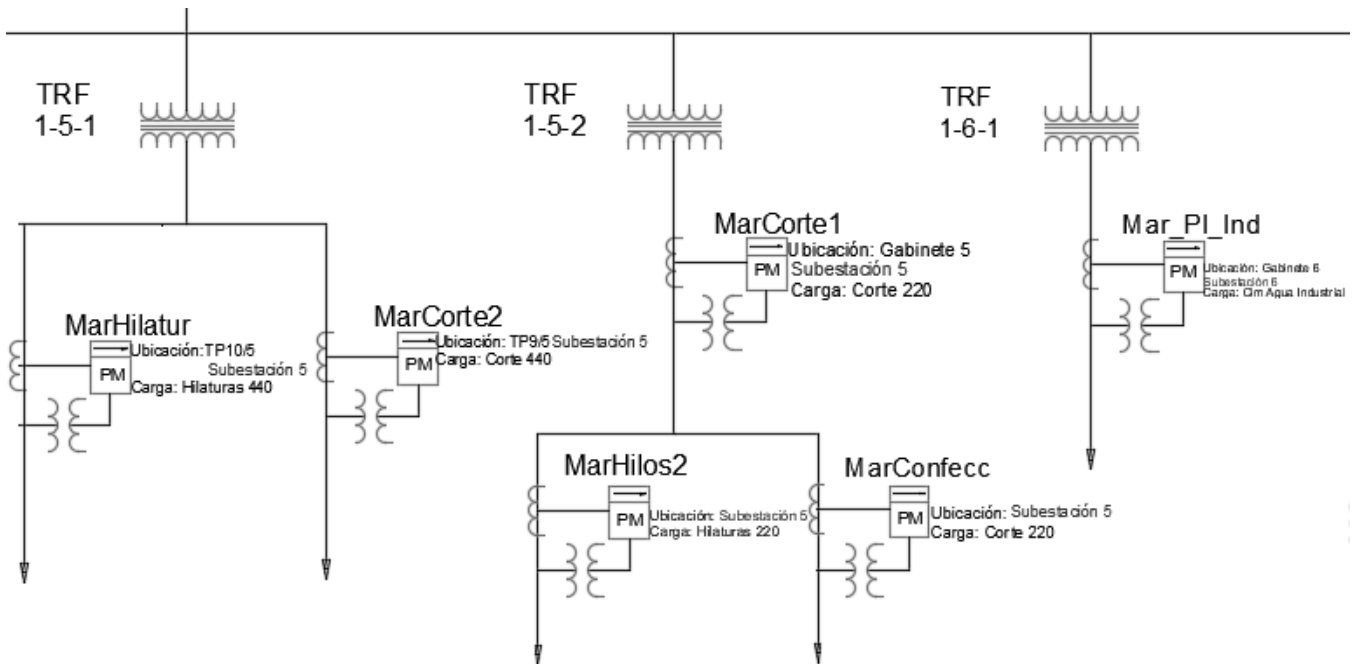


Fig. 122. PM's asociados a los transformadores 1-5-1, 1-5-2 y 1-6-1.

**Transformadores 1-7-1, 1-8-1, 1-9-1:**

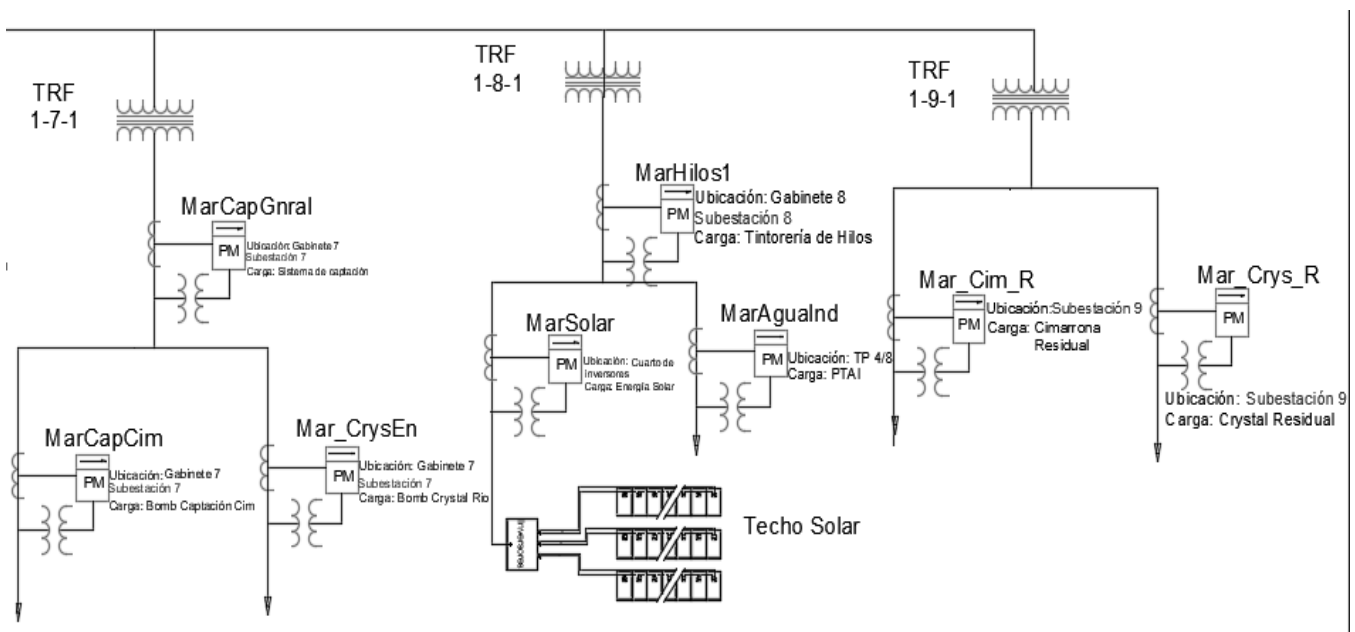


Fig. 123. PM's asociados a los transformadores 1-7-1, 1-8-1 y 1-9-1.

**Para el transformador 2:**

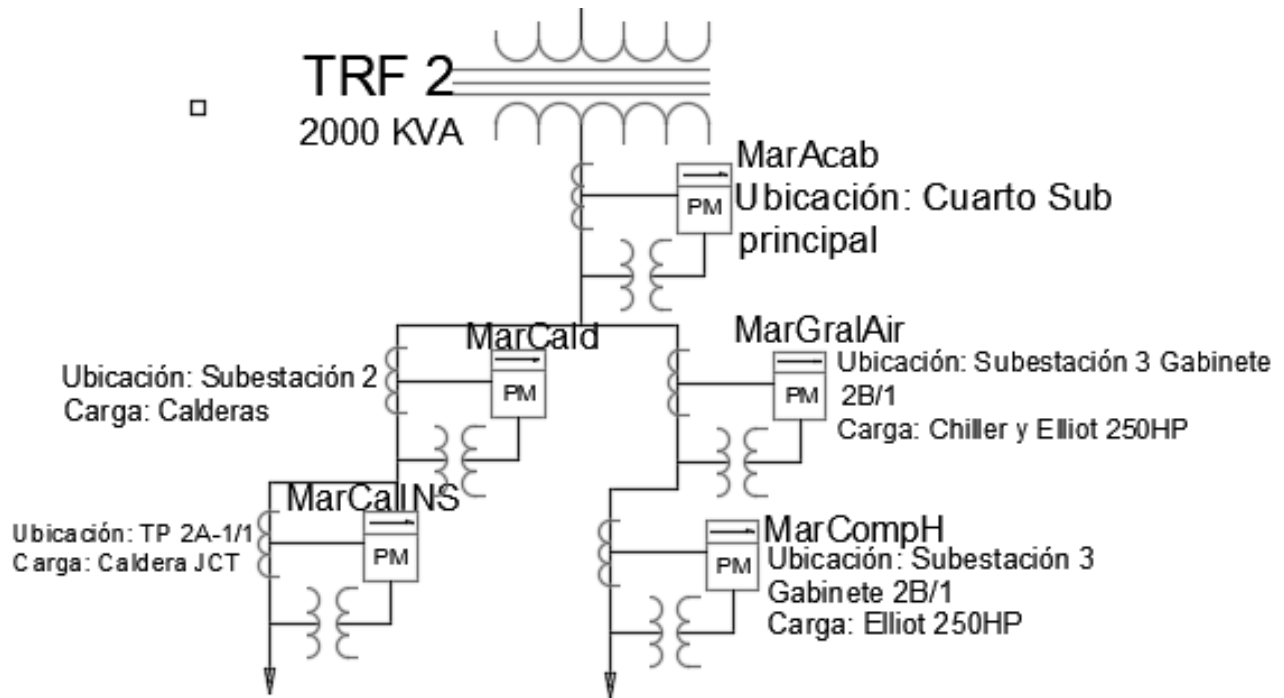


Fig. 124. PM's asociados al transformador 2.

**Para el transformador 3:**

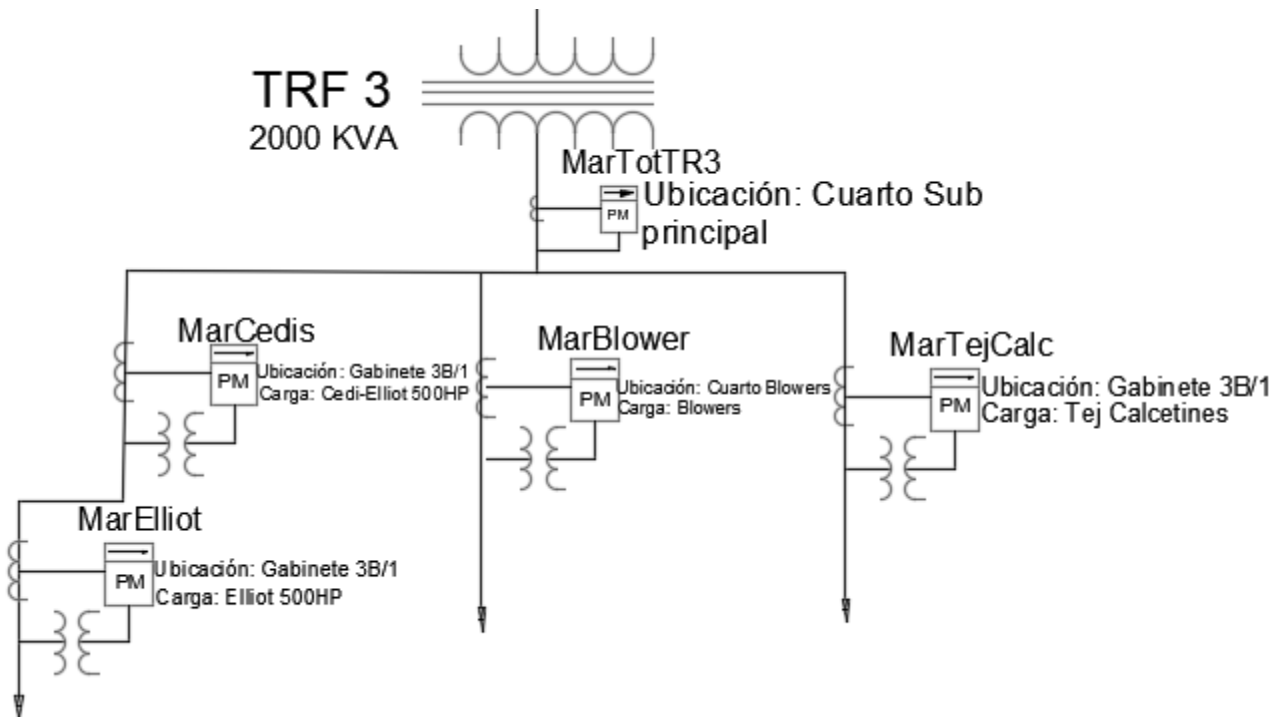


Fig. 125. PM's asociados al transformador 3.

## VI. ANÁLISIS

En cuanto al análisis global de los resultados, se llegó a las siguientes interpretaciones luego del cumplimiento de cada uno de los objetivos:

Referente a los estudios de iluminación, se evidenció la importancia de garantizar un sistema de iluminación que tenga en cuenta aspectos cruciales como: la optimización del consumo energético, el aseguramiento de un ambiente apropiado para los trabajadores según la zona y el cumplimiento de la normativa. Puesto que, si uno de los aspectos anteriores falla o es descuidado, el estudio que se haga de iluminación pierde validez, ya que, por ejemplo, nada se gana si reduce el consumo energético al instalar menos lámparas, pero esta reducción implica el salirse de los rangos de luminancia que exige el RETILAP para la zona, puesto que perjudicará la salud visual de los trabajadores.

Respecto al estudio energético de motores, se demostró la importancia de estar en constante actualización del sistema motor de una empresa, más una tan grande como lo es Crystal, ya que los motores con el tiempo van quedando obsoletos y con ello sus eficiencias, generando un alto consumo eléctrico que puede ser reducido por medio del reemplazo de motores antiguos por motores nuevos que sigan cumpliendo con las características de los antiguos, pero que consuman menos energía.

En cuanto al análisis de consumo eléctrico registrado por los PM's de la empresa, se probó la necesidad de estar en constante monitoreo del consumo eléctrico de las cargas presentes en la empresa, ya que variaciones en la tendencia de consumo pueden significar diversos problemas que no solo afectan la correcta ejecución de los procesos que se realizan en la empresa, si no también la seguridad de las personas y el consumo normal de energía eléctrica, el cual al final se traduce en pérdidas monetarias para la empresa.

En relación al diagrama unifilar de los PM's, se notó la importancia no solo de tener un diagrama unifilar que contenga los PM's de una empresa, sino también de que este diagrama sea organizado y contenga información clave como: nombre del PM, ubicación del PM y subestación a la que pertenece. Ya que esta información es importante para el personal de mantenimiento de la empresa y de mantenimiento de terceros, debido a que con este pueden ubicar el PM en específico de manera precisa y proceder con las respectivas labores que fueran necesarias en un PM en específico.

## VII. CONCLUSIONES

Luego de la finalización de todo el proceso de prácticas, se concluyó lo siguiente:

En un estudio de iluminación es crucial optimizar el consumo energético sin comprometer la calidad del ambiente laboral. No es suficiente reducir la cantidad de lámparas para disminuir el consumo si se incumplen las normativas de iluminación, como las exigidas por el RETILAP, ya que esto podría afectar negativamente la salud visual de los trabajadores. Un sistema de iluminación eficiente debe equilibrar la reducción de consumo con el cumplimiento de los rangos de luminancia establecidos.

Los motores tienden a perder eficiencia y a volverse obsoletos con el tiempo, lo que aumenta el consumo eléctrico. Reemplazar motores obsoletos por modelos más eficientes permite reducir el consumo energético, manteniendo o mejorando la capacidad de los sistemas. Este reemplazo contribuye significativamente al ahorro de energía, beneficiando tanto a la empresa como al medio ambiente.

Realizar un seguimiento constante del consumo eléctrico en la empresa es clave para la identificación de posibles problemas de manera oportuna. Las variaciones en el consumo pueden reflejar fallos en los equipos o procesos, lo que impacta no solo en la operatividad, sino también en la seguridad de los empleados y en las finanzas de la empresa. Un monitoreo adecuado permite tomar acciones preventivas que eviten consecuencias mayores.

Un diagrama unifilar bien organizado, con información clara sobre cada PM, como su nombre, ubicación y subestación correspondiente, es indispensable para optimizar las labores de mantenimiento. Esto facilita la localización de los equipos y agiliza la intervención en caso de fallos, tanto para el personal interno como externo. La correcta disposición de esta información mejora la eficacia en las tareas de mantenimiento y reduce el tiempo de inactividad de los equipos.

La correcta ejecución del mantenimiento y la planificación adecuada de los sistemas eléctricos y motores puede evitar fallos imprevistos y el consumo innecesario de energía. Un mantenimiento preventivo adecuado no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también contribuye a la seguridad de los empleados y evita pérdidas económicas. La gestión eficiente de la energía y el mantenimiento reduce costos y mejora el rendimiento global de la empresa.

Finalmente, en el cómputo global de las prácticas, se aprendieron y reforzaron infinidad de conceptos que hacen parte del área de la ingeniería eléctrica, los cuales fueron y serán necesarios para el análisis de forma crítica de las problemáticas a los que se enfrenta la ingeniería eléctrica en la sociedad.

---

## REFERENCIAS

- [2] International Energy Agency (IEA), “Energy Efficiency,” 2020. [Online]. Rescatado de: <https://www.iea.org/topics/energy-efficiency>. [Accedido: 2 de enero de 2025].
- [3] International Organization for Standardization (ISO), “ISO 50001:2018 Energy management systems — Requirements with guidance for use,” 2018. [Online]. Rescatado de: <https://www.iso.org/standard/69426.html>. [Accedido: 2 de enero de 2025].
- [3] Ministerio de Energía y Minas, “Reglamento RETILAP,” 2017. [Online]. Rescatado de: <https://www.minem.gob.pe>. [Accedido: 2 de enero de 2025].
- [4] Ministerio de Minas y Energía de Colombia, “Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE),” 2020. [Online]. Rescatado de: <https://www.minminas.gov.co>. [Accedido: 2 de enero de 2025].
- [5] International Electrotechnical Commission (IEC), “Energy Efficiency Standards for Electric Motors,” IEC 60034-30-1, 2019. [Online]. Rescatado de: <https://www.iec.ch>. [Accedido: 2 de enero de 2025].
- [6] A. Smith, *Electrical Maintenance and Testing*. Elsevier, 2017.
- [7] Ministerio de Energía de Chile, “Guía ISO 50001:2018 - Sistemas de gestión de la energía,” 2020. [Online]. Rescatado de: [https://energia.gob.cl/sites/default/files/guiaiso\\_50001-v8-.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/guiaiso_50001-v8-.pdf). [Accedido: 2 de enero de 2025].