

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

DISEÑO Y ANÁLISIS DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS Y EFICIENCIA  
ENERGÉTICA EMPLEANDO SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO Y  
GENERACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO CENTRAL DEL MINISTERIO  
DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL

Trabajo final de investigación aplicada sometido a la consideración de la  
Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Ingeniería Mecánica  
para optar al grado y título de Maestría Profesional en Ingeniería  
Mecánica con Énfasis en Sistemas Térmicos y de la Energía.

ADRIÁN ALBERTO CORDERO PICADO

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2021

## **Dedicatoria**

Este trabajo de investigación es dedicado por su comprensión, sacrificio, motivación  
y apoyo a mi compañera de vida y madre de mis hijos,  
Mariel Saborío Rodríguez.

## **Agradecimientos**

Me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento a mi tutor y director Raziel Farid Sanabria Sandí por sus sabios consejos y conocimiento brindado. Espero continuar con los proyectos conjuntos pensados.

Deseo reconocer la ayuda proporcionada por mi lector y profesor Leonardo Suárez Matarrita en este proceso.

Estoy particularmente agradecido por formar parte de este proyecto de una manera seria y dedicada al lector Raúl Fernández Vásquez de la CNFL.

Por último, quiero agradecer a la base de todo, a mis padres, que quienes con sus consejos y formación me enseñaron que la mejor inversión en ti mismo, es el estudio.

“Este trabajo final de investigación aplicada fue aceptado por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Ingeniería Mecánica de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Maestría Profesional en Ingeniería Mecánica con Énfasis en Sistemas Térmicos y de la Energía.”

---

MSc. Julio César Blanco Fernández  
**Representante del Decano**  
**Sistema de Estudios de Posgrado**

---

MSc. Raziel Farid Sanabria Sandí  
**Profesor Guía**

---

MSc. Leonardo Suárez Matarrita  
**Lector**

---

MSc. Raúl Fernández Vásquez  
**Lector**

---

MSc. Juan Gabriel Monge Gapper  
**Director Programa de Posgrado en Ingeniería Mecánica**

---

Adrián Alberto Cordero Picado  
**Sustentante**



# Tabla de contenido

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
HOJA DE APROBACION.....	IV
TABLA DE CONTENIDO.....	V
RESUMEN .....	XI
ABSTRACT.....	XI
LISTA DE TABLAS.....	XII
LISTA DE ILUSTRACIONES.....	XIV
LISTA DE ABREVIATURAS .....	XVI
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Descripción General.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Justificación.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 Antecedentes.....</b>	<b>5</b>
<b>1.4 Objetivos.....</b>	<b>10</b>
1.4.1 Objetivo General.....	10
1.4.2 Objetivos Específicos.....	10
<b>1.5 Alcance .....</b>	<b>11</b>
<b>1.6 Limitaciones.....</b>	<b>12</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1 Cálculo de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) .....</b>	<b>13</b>
2.1.1. Interpretación de la ecuación de carbono neutralidad .....	13

2.1.2.	Generación de informes de inventarios .....	14
2.1.3.	Combustión Estacionaria .....	15
2.1.4.	Combustión Móvil.....	16
2.1.5.	Emisiones fugitivas y estacionarias .....	18
2.1.6.	Emisiones electricidad .....	19
2.1.7.	Emisiones de uso de lubricantes .....	20
2.1.8.	Aguas residuales .....	20
2.1.9.	Residuos sólidos:.....	22
<b>2.2</b>	<b>Análisis de Regresión .....</b>	<b>23</b>
2.2.1.	Modelo Regresión Lineal .....	23
2.2.2.	Análisis de varianza del modelo de regresión.....	24
2.2.3.	Regresión lineal múltiple .....	24
2.2.4.	Pruebas de hipótesis en regresión lineal múltiple .....	26
2.2.5.	Análisis de varianza.....	26
<b>2.3.</b>	<b>El Recurso Solar .....</b>	<b>27</b>
2.3.1.	Coordenadas solares.....	27
2.3.2.	Diagrama cilíndrico .....	28
2.3.3.	Diagramas estereográficos .....	29
<b>2.4.</b>	<b>Tecnología Fotovoltaica .....</b>	<b>31</b>
2.4.1.	Efectos fotoeléctricos .....	31
2.4.2.	Variables relacionadas con el clima .....	32
2.4.3.	Variación de parámetros fotovoltaicos con la temperatura .....	34
<b>2.5.</b>	<b>Estimación de la producción de energía .....</b>	<b>35</b>
<b>3.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>37</b>
3.1	Fuente de información y recursos .....	37
3.2	Etapas del proceso metodológico para el cumplimiento de los objetivos propuestos .....	38
3.2.1.	<b>Cálculo de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) del edificio Pbro. Benjamín Núñez. ....</b>	<b>38</b>
3.2.1.1.	Emisiones Combustión fija: .....	40
3.2.1.2.	Emisiones Combustión móvil: .....	40
3.2.1.3.	Emisiones fugitivas y estacionarias .....	41
3.2.1.4.	Emisiones de electricidad: .....	43
3.2.1.5.	Emisiones de uso de lubricantes: .....	44
3.2.1.6.	Emisiones de Aguas residuales:.....	44
3.2.1.7.	Emisiones Residuos sólidos: .....	45
3.2.2.	Análisis de las fuentes que aportan más GEI .....	46
3.2.3.	Análisis de un plan de gestión de reducciones considerando posibles propuestas de proyectos .....	46
3.2.4.	Análisis de datos con modelos de estudio por perfil de carga eléctrica y las condiciones climatológicas.....	48

3.2.5.	Cálculo, diseño y modulación del sistema de generación fotovoltaica y almacenamiento eléctrico del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social .....	51
3.2.6.	Estudio de esquema tarifario por bloques de consumo. ....	57
3.2.7.	Análisis económico de los diseños propuestos. ....	58
4.	RESULTADOS.....	60
4.1	Resultados del cálculo de las emisiones de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) .....	60
4.1.1	Propuesta aire acondicionado .....	63
4.1.2	Propuesta combustión móvil .....	65
4.1.3	Propuesta residuos sólidos .....	69
4.1.4	Propuesta electricidad .....	70
4.1.5	Otras propuestas .....	87
4.1.6	Análisis resultados plan de propuestas para reducción de CO <sub>2</sub> .....	95
4.2	Resultados del análisis de datos con modelos de estudio por perfil de carga eléctrica y las condiciones climatológicas .....	96
4.2.1	Modelo anual con variable dependiente Potencia .....	96
4.2.2	Modelo anual con variable dependiente Energía .....	100
4.2.3	Modelo de datos diarios con variable dependiente Potencia .....	105
4.2.4	Modelo con horas en un mes sin fines de semana con variable dependiente Potencia .....	110
4.3	Resultados del diseño y modulación del sistema de generación fotovoltaica y almacenamiento eléctrico.....	117
4.3.1	Resultados del análisis del recurso solar .....	117
4.3.2	Resultados de la generación fotovoltaica .....	120
4.3.3	Resultados de estimación de producción .....	123
4.3.4	Presentación de diseño de instalación de proyecto propuesto.....	124
4.3.5	Modelación y diseño de proyecto propuesto.....	125
4.3.6	Resultados de cambio de tarifa y análisis de bloques de consumo CNFL .....	137
4.4	Resultados del análisis económico del diseño propuesto .....	142
4.4.1	Análisis económico del cambio de luminarias y tarifa T-MT .....	142
4.4.2	Análisis económico de paneles solares y tarifa T-MT .....	146
4.4.3	Análisis económico de 3 baterías Powerpack y tarifa T-MT .....	149
4.4.4	Análisis económico conjunto de cambio de luminarias, paneles solares con tarifa T-MT.....	152
4.4.5	Análisis económico conjunto de paneles solares, baterías Powerpack con tarifa T-MT .....	155
4.4.6	Análisis económico conjunto de proyectos propuestos de iluminación LED, paneles solares, baterías Powerpack con tarifa T-MT.....	158
4.4.7	Análisis de resultados general de los proyectos propuestos .....	161
5.	CONCLUSIONES .....	164
6.	RECOMENDACIONES .....	166

BIBLIOGRAFÍA .....	168
APENDICES .....	170
APÉNDICE 1. Cálculo en Toneladas CO <sub>2</sub> e las emisiones GEI de combustión fija.....	170
APÉNDICE 2. Cálculo en Toneladas CO <sub>2</sub> e las emisiones GEI de combustión móvil. ....	171
APÉNDICE 3. Cálculo en Toneladas CO <sub>2</sub> e las emisiones GEI de aire acondicionado. ....	173
APÉNDICE 4. Cálculo en Toneladas CO <sub>2</sub> e las emisiones GEI de refrigeradoras. ....	175
APÉNDICE 5. Cálculo en Toneladas CO <sub>2</sub> e las emisiones GEI de extintores. ....	176
APÉNDICE 6. Cálculo en Toneladas CO <sub>2</sub> e las emisiones GEI de lubricantes. ....	177
APÉNDICE 7. Cálculo en Toneladas CO <sub>2</sub> e las emisiones GEI de electricidad. ....	178
APÉNDICE 8. Cálculo en Toneladas CO <sub>2</sub> e las emisiones GEI de residuos. ....	179
APÉNDICE 9. Estudio de evaluación económica y huella de carbono del cambio sectorial por niveles de iluminación. ....	180
APÉNDICE 10. Estudio de evaluación económica y huella de carbono de los descansos de las escaleras principales. ....	181
APÉNDICE 11. Estudio de evaluación económica y huella de carbono de los servicios sanitarios del MTSS. ....	182
APÉNDICE 12. Gráficas de probabilidad normal, histograma, orden y valor ajustado contra residuos estandarizados del modelo de segundo orden con interacción .....	183
APÉNDICE 13. Gráfica de residuales estandarizados contra los valores ajustados, potencia, % de nubosidad, horas luz y radiación global .....	184
APÉNDICE 14. Gráficas de probabilidad normal, histograma, orden y valor ajustado contra residuos estandarizados del modelo de primer orden .....	184
APÉNDICE 15. Gráfica de residuales estandarizados contra los valores ajustados, promedio de lluvia, temperatura ambiente (°C), horas luz y radiación global .....	186
APÉNDICE 16. Gráficas de probabilidad normal, histograma, orden y valor ajustado contra residuos estandarizados del modelo de segundo orden con interacción .....	187
APÉNDICE 17. Gráfica de residuales estandarizados contra los valores ajustados, promedio de lluvia, temperatura ambiente (°C), horas luz y radiación global .....	187

<b>APÉNDICE 18. Gráficas de probabilidad normal, histograma, orden y valor ajustado contra residuos estandarizados del modelo de primer orden .....</b>	<b>189</b>
<b>APÉNDICE 19. Gráfica de residuales estandarizados contra los valores ajustados, potencia, horas diarias, radiación global y temperatura .....</b>	<b>190</b>
<b>APÉNDICE 20. Tabla resumen de orientación, inclinación, HSP y radiación del proyecto .....</b>	<b>191</b>
<b>APÉNDICE 21. Cálculo de parámetros fotovoltaicos por las temperaturas de las celdas.....</b>	<b>192</b>
<b>APÉNDICE 22. Cálculo de estimación de producción .....</b>	<b>193</b>
<b>APÉNDICE 23. Área disponible de instalación en azotea y parqueo institucional del edificio Pbro. Benjamín Núñez .....</b>	<b>194</b>
<b>APÉNDICE 24. Diagrama unifilar eléctrico del proyecto propuesto del edificio Pbro. Benjamín Núñez ....</b>	<b>196</b>
<b>APÉNDICE 25. Desglose de precios de los sistemas de almacenamiento y generación solar.....</b>	<b>197</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>198</b>
<b>ANEXO 1. Oficio creación CIGA .....</b>	<b>198</b>
<b>ANEXO 2. Auditoría luminarias instaladas en el MTSS del año 2018 .....</b>	<b>201</b>
<b>ANEXO 3. Precio de combustibles promedio del año 2019.....</b>	<b>204</b>
<b>ANEXO 4. Referencia de fichas técnicas luminarias propuestas en los niveles .....</b>	<b>205</b>
<b>ANEXO 5. Tabla de costo de la propuesta de cambio de luminarias por niveles .....</b>	<b>208</b>
<b>ANEXO 7. Costo de referencia del estudio propuesto de cambio de luminaria en descansos .....</b>	<b>212</b>
<b>ANEXO 8. Referencia de fichas técnicas sensor propuesto en el control de iluminación de los servicios sanitarios .....</b>	<b>213</b>
<b>ANEXO 9. Referencia de costos para la propuesta de control de iluminación en servicios sanitarios .....</b>	<b>214</b>
<b>ANEXO 10. Ficha técnica del tanque de almacenamiento propuesto .....</b>	<b>215</b>
<b>ANEXO 11. Ficha técnica de bomba multietapa Cpm-600 con regulador de presión .....</b>	<b>216</b>
<b>ANEXO 12. Ficha técnica del regulador electrónico de presión propuesto .....</b>	<b>217</b>
<b>ANEXO 13. Ficha técnica del filtro de recolección de agua pluvial propuesto.....</b>	<b>218</b>
<b>ANEXO 14. Cotización de instalación de tanque de almacenamiento de agua pluvial .....</b>	<b>219</b>
<b>ANEXO 15. Justificación de tamaño de tanque de almacenamiento .....</b>	<b>220</b>

<b>ANEXO 16. Tabla de Factor K .....</b>	<b>221</b>
<b>ANEXO 17. Hoja de datos del panel fotovoltaico propuesto. Referencia Longi .....</b>	<b>222</b>
<b>ANEXO 18. Hoja de datos del inversor propuesto. Referencia SMA de 50 kW .....</b>	<b>223</b>
<b>ANEXO 19. Tabla 310.16. Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones nominales de 0 a 2000 voltios y 60° C a 90° C (140º F a 194º F).....</b>	<b>224</b>
<b>ANEXO 20. Hoja de datos POWERPACK Tesla de 58 kW .....</b>	<b>226</b>
<b>ANEXO 21. Respuesta sobre capacidad de circuito para instalación del proyecto .....</b>	<b>228</b>
<b>ANEXO 22. Estudio de corriente de corto circuito Colima –Barrio Dent del MTSS .....</b>	<b>229</b>

## Resumen

---

*Este documento muestra la investigación de la reducción del consumo energético y la huella de carbono al edificio Presbítero Benjamín Núñez del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social a través de la implementación de proyectos sobre cambio de tecnología de iluminación, diseño de sistema de generación fotovoltaica con almacenamiento de energía por baterías y por medio de un análisis de regresión por modelos con las características medioambientales de aprovechamiento de la energía solar como regresores, la cual es determinante para un conjunto de parámetros que permiten reducir el uso del sistema eléctrico constituyendo un elemento de sensibilización hacia el uso de energías limpias y de respeto al medioambiente. Los modelos estudiados generan la relación directa del cambio de temperatura con el perfil de carga eléctrica del edificio para poder implementar sistemas de almacenamiento de energía y poder reducir el consumo con la facturación mensual.*

**Palabras claves:** *Consumo, eficiencia, emisiones, energía, potencia.*

---

## Abstract

---

*This document shows the investigation of the reduction of energy consumption and the carbon footprint of the Presbítero Benjamín Núñez building of the Ministerio de Trabajo y Seguridad Social through the implementation of projects on changing lighting technology, design of photovoltaic generation system with storage of energy by batteries and by means of a regression analysis by models with the environmental characteristics of the use of solar energy as regressors, which is decisive for a set of parameters that allow reducing the use of the electrical system, constituting an element of awareness towards the use of clean energy and respect for the environment. The models studied generate the direct relationship of the change in temperature with the electrical load profile of the building in order to implement energy storage systems and reduce consumption with monthly billing.*

**Keywords:** *Consumption, efficiency, emissions, energy, power*

---

## LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Análisis de varianza para el modelo de regresión simple [9].</i>	24
<i>Tabla 2. ANOVA para la significancia del modelo de regresión lineal múltiple [9].</i>	27
<i>Tabla 3. Casos sobre recolección de datos de los vehículos del MTSS</i>	41
<i>Tabla 4. Fuentes de emisión de GEI en el edificio del MTSS</i>	60
<i>Tabla 5. Resumen de cantidad de emisiones por alcance de toneladas de dióxido de carbono equivalente por año</i>	61
<i>Tabla 6. Tabla comparativa de valores de eficiencia de los refrigerantes</i>	64
<i>Tabla 7. Resultados de reducción de emisiones con cambio de refrigerante R290 en Alcance 1</i>	65
<i>Tabla 8. Estudio de consumo de litros del año 2019 por combustible</i>	66
<i>Tabla 9. Resumen de porcentaje de carga de vehículos eléctricos</i>	67
<i>Tabla 10. Estudio de costo de energía en el año 2019</i>	67
<i>Tabla 11. Modelado de consumo de energía en energía de batería</i>	68
<i>Tabla 12. Modelado de consumo de energía y costo de recarga por semana</i>	68
<i>Tabla 13. Demanda anual de energía y costo anual de recarga de los carros eléctricos</i>	69
<i>Tabla 14. Resultados de reducción de emisiones por reducir un 25% el consumo de combustible en Alcance 1</i>	69
<i>Tabla 15. Cantidades de luminarias y referencias en los descansos de las escaleras. Programa Dialux</i>	81
<i>Tabla 16. Cálculo huella de carbono total cambio tecnología iluminación de proyectos propuestos</i>	86
<i>Tabla 17. Resultados de reducción de emisiones con cambio de tecnología de iluminación total</i>	86
<i>Tabla 18. Costo de compensación. Fuente: FONAFIFO</i>	87
<i>Tabla 19. Precipitación en mm. Estación Instituto Meteorológico Nacional, San José</i>	88
<i>Tabla 20. Cantidad media de agua pluvial disponible</i>	89
<i>Tabla 21. Consumos de agua del MTSS</i>	90
<i>Tabla 22. Proyección de costos por metro cúbico en el MTSS</i>	93
<i>Tabla 23. Muestras de datos anuales recopilados por la NASA, IMN Y CNFL para el modelo de primer orden</i>	96
<i>Tabla 24. ANOVA primer modelo de segundo orden sin interacción. Minitab</i>	98
<i>Tabla 25. Muestras de datos mensuales del año 2018 recopilados por distintas plataformas nacionales e internacionales para el modelo de primer orden</i>	101
<i>Tabla 26. ANOVA segundo modelo de primer orden. Minitab</i>	103
<i>Tabla 27. Muestras de datos diarios para el modelo de segundo orden con interacción</i>	105
<i>Tabla 28. ANOVA tercer modelo de segundo orden con interacción. Minitab</i>	108
<i>Tabla 29. ANOVA cuarto modelo de primer orden. Minitab</i>	114
<i>Tabla 30. Propuestas de instalación de paneles con 2 inversores de 50kW</i>	122
<i>Tabla 31. Tabla resumen variación de parámetros fotovoltaicos con la temperatura</i>	123
<i>Tabla 32. Generación de energía mensual. Programa Aurora</i>	126
<i>Tabla 33. Esquema tarifario para la tarifa comercial o general.</i>	137
<i>Tabla 34. Tributos e impuestos de la facturación actual del MTSS</i>	137
<i>Tabla 35. Estudio Tarifa General o Comercial (TG o T-CO) del MTSS</i>	139
<i>Tabla 36. Esquema tarifario para la Media Tensión.</i>	140
<i>Tabla 37. Consumos de energía y demanda de los periodos</i>	140
<i>Tabla 38. Estudio Tarifa Media Tensión (T-MT) del MTSS</i>	141
<i>Tabla 39. Ahorro proyectado por cambio de tarifa mensual</i>	142



<b>Tabla 40. Flujo de caja proyectado a 20 años con el cambio de tarifa T-MT e iluminación tipo LED .....</b>	<b>144</b>
<b>Tabla 41. Flujo de caja proyectado a 20 años con el cambio de tarifa T-MT y paneles solares.....</b>	<b>147</b>
<b>Tabla 42. Flujo de caja proyectado a 20 años con el cambio de tarifa T-MT y baterías Powerpack .....</b>	<b>150</b>
<b>Tabla 43. Flujo de caja proyectado a 20 años con el cambio de tarifa T-MT, paneles solares e iluminación tipo LED .....</b>	<b>153</b>
<b>Tabla 44. Flujo de caja conjunto, proyectado a 20 años con el cambio de tarifa T-MT, baterías Powerpack y paneles solares.....</b>	<b>156</b>
<b>Tabla 45. Flujo de caja conjunto total, proyectado a 20 años con el cambio de tarifa T-MT, proyectos propuestos iluminación LED, baterías Powerpack y paneles solares.....</b>	<b>159</b>
<b>Tabla 46. Ahorro equivalente proyectado de proyectos de emisiones eléctricas.....</b>	<b>161</b>
<b>Tabla 47. Resumen de datos premeditados de los análisis económicos de proyectos individuales y conjuntos estudiados.....</b>	<b>162</b>

## LISTA DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1. Sistema de coordenadas solares</i> .....	28
<i>Ilustración 2. Diagrama cilíndrico de la ubicación de la UCR (latitud: 9.94 N, longitud:- 84.04 O). Nótese que para este diagrama se utiliza como referencia el Norte para el ángulo acimut. Cortesía del “Solar Radiation Laboratory” de la Universidad de Oregon</i> .....	29
<i>Ilustración 3. Diagrama estequiométrico de la ubicación de la UCR (latitud: 9.94 N, longitud: - 84.04 O). Cortesía del “Solar Radiation Laboratory” de la Universidad de Oregon</i> .....	30
<i>Ilustración 4. El efecto fotovoltaico [15].</i> .....	32
<i>Ilustración 5. Intensidad del flujo de energía en función de la longitud de onda [15].</i> .....	33
<i>Ilustración 6. Emisiones por Tonelada de CO<sub>2</sub>e/año por alcance</i> .....	61
<i>Ilustración 7. Diagrama Pareto sobre contribución de emisiones de Toneladas de CO<sub>2</sub>e anual por cada fuente del edificio Presbítero Benjamín Núñez.</i> .....	62
<i>Ilustración 8. Análisis de potencia en kW de iluminación del perfil de carga del día 6/5/19 por horas</i> .....	71
<i>Ilustración 9. Diseño de iluminación actual y propuesta con referencia de tecnología LED del edificio Pbro. Benjamín Núñez. Programa Dialux</i> .....	77
<i>Ilustración 10. Diseño AutoCAD y propuesta de luminarias y demanda máxima en todos los niveles del edificio</i> .....	80
<i>Ilustración 11. Modelación en Dialux de los descansos de las escaleras principales</i> .....	81
<i>Ilustración 12. Diseño luminarias descansos escaleras. Dialux</i> .....	83
<i>Ilustración 13. Ejemplo Diagrama Control iluminación</i> .....	84
<i>Ilustración 14. Perfil de precipitación en estación Instituto Meteorológico Nacional, San José</i> .....	89
<i>Ilustración 15. Esquemático en AutoCAD de sistema subterráneo</i> .....	91
<i>Ilustración 16. Esquemático en AutoCAD de sistema expuesto</i> .....	91
<i>Ilustración 17. Proyección de costos del metro cúbico de agua</i> .....	94
<i>Ilustración 18. Gráfico de potencia contra los meses del año 2018</i> .....	96
<i>Ilustración 19. Gráficas de contorno de Potencia (kW) del primer modelo. Programa Minitab</i> .....	99
<i>Ilustración 20. Gráficas de superficie de Potencia (kW) del primer modelo. Programa Minitab</i> .....	100
<i>Ilustración 21. Gráfico de energía consumida contra los meses del año 2018</i> .....	101
<i>Ilustración 22. Gráficas de superficie de Energía (kWh). Programa Minitab</i> .....	104
<i>Ilustración 23. Gráficas de contorno de Energía (kWh). Programa Minitab</i> .....	104
<i>Ilustración 24. Variable dependiente en kW contra horas del día 6 de mayo del 2019.</i> .....	105
<i>Ilustración 25. Gráficas de contorno de Potencia (kW) del tercer modelo. Programa Minitab</i> .....	109
<i>Ilustración 26. Gráficas de superficie de Potencia (kW) del tercer modelo. Programa Minitab</i> .....	109
<i>Ilustración 27. Variable dependiente en kW contra los 696 datos entre mayo y junio del 2019</i> .....	110
<i>Ilustración 28. Gráficas de contorno de Potencia (kW) del cuarto modelo. Programa Minitab</i> .....	115
<i>Ilustración 29. Gráficas de superficie de Potencia (kW) del cuarto modelo. Programa Minitab</i> .....	115
<i>Ilustración 30. Ubicación geográfica del edificio Pbro. Benjamín Núñez</i> .....	117
<i>Ilustración 31. Diagrama estereográfico. Fuente: Laboratorio de Radiación Solar de la Universidad de Oregon</i> .....	118
<i>Ilustración 32. Diagrama cilíndrico meses de junio a diciembre. Fuente: Universidad de Oregon</i> .....	119
<i>Ilustración 33. Diagrama cilíndrico meses de diciembre a junio. Fuente: Universidad de Oregon</i> .....	119
<i>Ilustración 34. Gráfica de estimación de producción por mes</i> .....	124
<i>Ilustración 35. Gráfico de generación mensual propuesta. Programa Aurora</i> .....	126

<i>Ilustración 36. Propuesta instalación de sistema fotovoltaico. Programa Aurora .....</i>	<i>127</i>
<i>Ilustración 37. Corrida de irradiancia en el modelo propuesto .....</i>	<i>127</i>
<i>Ilustración 38. Proyección de trayectoria del sol en el edificio. Programa Aurora .....</i>	<i>128</i>
<i>Ilustración 39. Curva de demanda de consumo diario. Programa Energy Toolbase .....</i>	<i>128</i>
<i>Ilustración 40. Tarifa brindada por Energy Toolbase según datos suministrados por la CNFL .....</i>	<i>129</i>
<i>Ilustración 41. Porcentaje de generación fotovoltaica del consumo de energía. Programa Energy Toolbase .....</i>	<i>130</i>
<i>Ilustración 42. Gráfica de ahorro de factura contra clasificaciones del sistema (kW/kWh). Programa Energy Toolbase .....</i>	<i>130</i>
<i>Ilustración 43. Nueva Factura Eléctrica, posterior a la instalación de paneles y baterías, reduciendo el consumo .....</i>	<i>131</i>
<i>Ilustración 44. Gráfica del comportamiento del sistema en funcionamiento con T-CO. Programa Energy Toolbase .....</i>	<i>132</i>
<i>Ilustración 45. Modelación de proyecto propuesto de generación de energía en el MTSS .....</i>	<i>133</i>
<i>Ilustración 46. Modelación de proyecto propuesto de almacenamiento de energía eléctrica con 3 Powerpack en el MTSS .....</i>	<i>134</i>
<i>Ilustración 47. Diagrama unifilar eléctrico del proyecto propuesto del edificio Pbro. Benjamín Núñez .....</i>	<i>134</i>
<i>Ilustración 48. Factura que genera Energy Toolbase con el cambio de factura a media tensión .....</i>	<i>135</i>
<i>Ilustración 49. Factura que genera Energy Toolbase con el cambio de factura a media tensión y sistemas funcionando de generación y almacenamiento .....</i>	<i>135</i>
<i>Ilustración 50. Gráfica del comportamiento del sistema proyectado con T-MT. Programa Energy Toolbase .....</i>	<i>136</i>
<i>Ilustración 51. Gráfica de Flujo de efectivo de proyectos propuestos por cambio de iluminación LED con tarifa T-MT .....</i>	<i>145</i>
<i>Ilustración 52. Gráfica de Flujo de efectivo de proyecto propuesto de instalación de paneles solares con tarifa T-MT .....</i>	<i>148</i>
<i>Ilustración 53. Gráfica de Flujo de efectivo de proyecto propuesto de instalación de baterías Powerpack con tarifa T-MT .....</i>	<i>151</i>
<i>Ilustración 54. Gráfica de Flujo de efectivo de proyecto propuesto de instalación de paneles solares y cambio de iluminación LED con tarifa T-MT .....</i>	<i>154</i>
<i>Ilustración 55. Gráfica de Flujo de efectivo de proyecto propuesto de instalación de baterías Powerpack, paneles solares y cambio tarifa T-MT .....</i>	<i>157</i>
<i>Ilustración 56. Gráfica total de Flujo de efectivo de proyectos propuestos de iluminación LED, baterías Powerpack, paneles solares y cambio tarifa T-MT .....</i>	<i>160</i>

## LISTA DE ABREVIATURAS

AC: *Alternating current*. Corriente alterna

ARESEP: Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos.

AyA: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados

CFIA: Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos.

CIGA: Comisión Institucional de Gestión Ambiental

CIVE: Comisión Institucional de Valoración de Edificios.

CNFL: Compañía Nacional de Fuerza y Luz

CO<sub>2e</sub>: Dióxido de carbono equivalente.

DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno

DC: *Direct Current*. Corriente directa o continua

DIGECA: Dirección de Gestión de Calidad Ambiental

DSG: Departamento Servicios Generales.

EDE: Empresas Distribuidoras de Electricidad

ENCC: Estrategia Nacional de Cambio Climático

FDA: *Food and Drug Administration*. Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos

FONAFIFO: Fondo Nacional de Financiamiento Forestal

FV: Fotovoltaico

GAM: Gran Área Metropolitana

GD: Generación Distribuida

GEI: Gas(es) de efecto invernadero.

HSP: Hora Solar Pico

ICE: Instituto Costarricense de Electricidad.

IMN: Instituto Meteorológico Nacional.

IPCC: Panel Intergubernamental del Cambio Climático

IVA: Impuesto de Valor Agregado.

kW: Kilowatt.

kWh: Kilowatt hora.

MINAE: Ministerio de Ambiente y Energía.

MNC: Medición neta completa

MNS: Medición neta sencilla

MTSS: Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.

MW: Megawatt.

PAPS: Programa de Agua Potable y Saneamiento

PCA: Potenciales de Calentamiento Atmosférico

PCG: Potencial de Calentamiento Global

PGAI: Programa de Gestión Ambiental Institucional

PIB: Producto Interno Bruto.

PNDIP: Plan Nacional de Desarrollo e Inversiones Públicas

PPCN: Programa País Carbono Neutralidad

PPGDA: Plan Piloto de Generación Distribuida para Autoconsumo

PNGRS: Política Nacional de Gestión de Residuos Sólidos

PTAR: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

ROI: *Return of Investment*. Retorno sobre inversión

SEN: Sistema Eléctrico Nacional.

SETENA: Secretaría Técnica Nacional.

SICOP: Sistema Integrado de Compras Públicas

STC: *Standard Test Conditions*. Condiciones de prueba estándar

TIR: Tasa Interna de Retorno.

UM: Unidad de Mantenimiento.

UNA: Universidad Nacional

VAN: Valor Actual Neto



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

**SEP** Sistema de  
Estudios de Posgrado

**Autorización para digitalización y comunicación pública de Trabajos Finales de Graduación del Sistema de Estudios de Posgrado en el Repositorio Institucional de la Universidad de Costa Rica.**

Yo, \_\_\_\_\_, con cédula de identidad \_\_\_\_\_, en mi condición de autor del TFG titulado \_\_\_\_\_

Autorizo a la Universidad de Costa Rica para digitalizar y hacer divulgación pública de forma gratuita de dicho TFG a través del Repositorio Institucional u otro medio electrónico, para ser puesto a disposición del público según lo que establezca el Sistema de Estudios de Posgrado. **SI**  **NO** \*

\*En caso de la negativa favor indicar el tiempo de restricción: \_\_\_\_\_ año (s).

Este Trabajo Final de Graduación será publicado en formato PDF, o en el formato que en el momento se establezca, de tal forma que el acceso al mismo sea libre, con el fin de permitir la consulta e impresión, pero no su modificación.

Manifiesto que mi Trabajo Final de Graduación fue debidamente subido al sistema digital Kerwá y su contenido corresponde al documento original que sirvió para la obtención de mi título, y que su información no infringe ni violenta ningún derecho a terceros. El TFG además cuenta con el visto bueno de mi Director (a) de Tesis o Tutor (a) y cumplió con lo establecido en la revisión del Formato por parte del Sistema de Estudios de Posgrado.

**FIRMA ESTUDIANTE**

Nota: El presente documento constituye una declaración jurada, cuyos alcances aseguran a la Universidad, que su contenido sea tomado como cierto. Su importancia radica en que permite abreviar procedimientos administrativos, y al mismo tiempo genera una responsabilidad legal para que quien declare contrario a la verdad de lo que manifiesta, puede como consecuencia, enfrentar un proceso penal por delito de perjurio, tipificado en el artículo 318 de nuestro Código Penal. Lo anterior implica que el estudiante se vea forzado a realizar su mayor esfuerzo para que no sólo incluya información veraz en la Licencia de Publicación, sino que también realice diligentemente la gestión de subir el documento correcto en la plataforma digital Kerwá.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Descripción General

Este documento define las medidas de mitigación, reducción del consumo energético y la medición de la huella de carbono del edificio central del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Se debe contar con un inventario de los equipos y procesos que generan emisiones incluyendo rubros de consumo para un balance y eficiencia energética.

Subsiguiente al análisis e identificación de las fuentes críticas por cada área de estudio, para poder establecer las posibles medidas de reducción por medio de propuestas, por las emisiones generadas se describen varios proyectos del cuales se fundamentan y justifican para poder reducir el porcentaje de contribución de cada fuente y ejecutar mediante la aprobación del presupuesto la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Es por esto que el alcance del presente documento se limitará a cuantificar la según la reducción en las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por la optimización del sistema eléctrico que incluye la implementación de un sistema de paneles solares, cambios de tecnología de iluminación LED y la instalación bancos de almacenamiento eléctrico basándose en la metodología descrita en la norma INTE-ISO 14064-1:2019 para el desarrollo de inventarios de Gases de Efecto Invernadero en organizaciones, la cual es parte integral de la norma INTE B5 utilizada en el cálculo de carbono neutralidad según el Decreto N°41122-MINAE<sup>1</sup>.

Se espera analizar mediante modelos de regresión con varios regresores climatológicos que afectan directamente los equipos de mayor consumo para

---

<sup>1</sup> Decreto N° 41122-MINAE - Oficializa el Programa País Carbono Neutralidad 2.0.

modelar y explorar esta relación con el análisis de las gráficas y análisis de varianza (ANOVA).

Se analiza y propone diseños fotovoltaicos y de almacenamiento de energía por baterías que cumpla con el Decreto Ejecutivo de Generación Distribuida para Autoconsumo actual regente en el país N°39220-MINAE<sup>2</sup>.

En conclusión, la búsqueda de resultados es efectuar con base a los análisis de varianza, los adecuados modelos de la energía y potencia eléctrica como variables de respuesta analizadas, con el perfil de carga eléctrica del edificio Pbro. Benjamín Núñez del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social y el consumo de energía de los recibos eléctricos midiendo la proporción de la variabilidad total explicada en cada modelo por medio de un análisis de regresión.

Finalmente, se muestra un análisis económico de los diseños propuestos que permita valorar la viabilidad y el tiempo de recuperación de la inversión bajo las condiciones supuestas.

---

<sup>2</sup> Reglamento generación distribuida para autoconsumo con fuentes renovables modelo de contratación neta sencilla



## 1.2 Justificación

En 1992 la Cumbre para la Tierra dio lugar a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) como primer paso para afrontar este enorme problema. Actualmente un total de 197 países han ratificado la Convención, cuyo objetivo final es prevenir una interferencia humana "peligrosa" en el sistema climático [1].

En 1995 la comunidad internacional inició negociaciones para fortalecer la respuesta mundial al cambio climático. Dos años después, en 1997, 83 países firmaron y 46 ratificaron el Protocolo de Kyoto, hoy son 192 los países parte [2].

En la 21ª Conferencia en París de 2015, las Partes de la CMNUCC alcanzaron un acuerdo histórico con el objetivo de combatir el cambio climático y acelerar e intensificar las acciones y las inversiones necesarias para un futuro sostenible con bajas emisiones de carbono adoptando como principal objetivo del Acuerdo de París reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático manteniendo el aumento de la temperatura mundial en este siglo por debajo de los 2°C con respecto a los niveles preindustriales y proseguir con los esfuerzos para limitar aún más el aumento de la temperatura a 1,5°C [3].

Según el Informe del Estado de la Región elaborado en el año 2010, el área centroamericana quedará expuesta por los significativos cambios climáticos representados por un aumento en la temperatura promedio y variaciones en los patrones de precipitación que acarrearán consigo impactos directos a la producción agrícola y alimentaria, recursos hídricos, ecosistemas, entre otros.

Como parte de las acciones de Costa Rica para enfrentar los efectos potencialmente nocivos del cambio climático que son consecuencia directa del calentamiento global, se desarrolló en el año 2007 la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) la cual incluye dentro de su alcance, obtener la carbono neutralidad del país en 2021. Esto plantea realizar un balance de todas

las acciones y procesos que emitan dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) u otros Gases de Efecto Invernadero (GEI), medidos en términos de emisiones de CO<sub>2</sub>, a nivel nacional.

Es así que se vuelve fundamental que las instituciones estatales apoyen al país modificando sus acciones diarias enfocándolas a mejorar el escenario ambiental y reducir el impacto negativo sobre el medio ambiente. Entre dichas acciones se consideran la sustitución de tecnologías obsoletas que representan un alto consumo energético por otras iniciativas más eficientes, auto sostenibles y que aprovechen recursos disponibles como la radiación solar, el viento, la geotermia, la generación de metano a través de la descomposición de residuos orgánicos, etc.

En lo que concierne al Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (MTSS), el edificio Presbítero Benjamín Núñez ubicado en la provincia de San José, en el cantón de Goicoechea, cuenta con aptas condiciones estructurales para la instalación de los sistemas de paneles solares integrado a la red eléctrica interna, así como para la instalación de un sistema de almacenamiento de energía por baterías y cambio de tecnología de iluminación LED sin necesidad de alterar significativamente el sistema eléctrico actual del MTSS. Ambas medidas apoyan a las iniciativas ligadas a la Estrategia Nacional de Cambio Climático y favorecen a reducir la huella de carbono de la institución.

### **1.3 Antecedentes**

En octubre de 2010, el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) inició la ejecución de un plan piloto sobre generación distribuida llamado el “Plan Piloto de Generación Distribuida para Autoconsumo (PPGDA)”, con el propósito de generar experiencia en este campo. Para entonces, la suma de las potencias instaladas de los micro y mini generadores inscritos en el plan había alcanzado los 10 MW.

Con base en la justificación de que se trataba de un plan piloto con una capacidad máxima a instalar relativamente pequeña, se estableció que los costos de medición, procesamiento e inspección de las instalaciones y los de distribución, así como transmisión de los clientes que participaran en el PPGDA no contemplados en la tarifa de venta de electricidad, serían asumidos por el ICE como gastos de investigación y desarrollo.

Las condiciones contractuales entre los clientes participantes en el PPGDA y el ICE se establecieron mediante un acuerdo de interconexión, cuya duración era de 15 años. Por su parte, la fijación de precios de venta de la energía aportada a la red se ajustaba al esquema de medición neta con opción de crédito [4].

En medio de un contexto caracterizado por presiones externas sobre la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP), para que la entidad aprobara la normativa de regulación de la generación distribuida (GD) en el país, en marzo de 2014 se aprueba la norma técnica “Planeación, Operación, y Acceso al Sistema Eléctrico Nacional, POASEN”. Esta es la primera norma emitida por ARESEP trata de regular de manera específica la relación entre los presumidores y las empresas distribuidoras de electricidad (EDE).

La POASEN fue complementada por tres metodologías tarifarias, aprobadas en febrero de 2015, que establecieron los criterios para estimar tarifas o costos que eran esenciales dentro del esquema de GD que está presente en la POASEN:

- El precio de liquidación de la energía entregada a las EDE por los pequeños generadores.
- El cargo por el acceso a la red de distribución por parte de los pequeños generadores.
- El cargo por interconexión con la red de distribución.

Adicionalmente, se aprobaron el formato de contrato de conexión entre los pequeños generadores y las EDE y el procedimiento para la puesta en servicio de los pequeños generadores.

Las características asignadas a cada una de las dos modalidades de vinculación con la empresa de distribución se precisan más en el artículo 131 de la norma:

“Artículo 131. Modalidades de régimen contractual

Para la conexión y operación de un micro o mini generador en paralelo con la red de distribución y que suministre energía a la red de la empresa, se establecen dos modalidades:

- Medición neta sencilla, con compensación física de excedentes (intercambio). Cuando el generador “acumula” el excedente mensual de energía producida, si existiese, para utilizarlo en el mes o meses siguientes en el mismo período de doce meses consecutivos a convenir entre las partes, tras el cual el excedente no será reconocido por la empresa distribuidora.
- Medición neta completa, con liquidación anual (venta de excedentes). Cuando el generador “acumula” el excedente mensual de energía producida para utilizarlo en el mes o meses siguientes, vendiendo el saldo final de excedentes a la empresa distribuidora, mediante una liquidación al final de cada periodo de doce meses consecutivos, a convenir entre las partes”.

Se puede notar que, la modalidad de “medición neta sencilla” (MNS) establecido en la norma citada corresponde al esquema de “medición neta con opción de crédito” y la de “medición neta completa” (MNC) corresponde al esquema de “medición neta con opción de crédito y compra monetaria”<sup>3</sup>.

Desde el punto de vista legal, un criterio básico utilizado por la ARESEP para justificar la regulación de ambas modalidades de GD es que ambas constituyen servicios públicos de electricidad y que, por tanto, su regulación se encuentra dentro de las competencias de la ARESEP. Es un criterio básico porque si alguna de esas modalidades no constituyera servicio público, la ARESEP no tendría competencia legal para regularla.

En Costa Rica se hicieron estudios del potencial solar e información de estaciones meteorológicas del ICE en el 2006, Estaciones Meteorológicas del Instituto Meteorológico Nacional (IMN) con información de radiación solar desde 1987 y datos con mediciones piranométricas o heliográficas o ambas a la vez de la Universidad Nacional (UNA), el cual es importante valorar en el estudio y valores de la radiación solar global diaria media mensual del país [5].

A nivel latinoamericano se efectúan estudios de enfocado en comparar diferentes técnicas de predicción para el pronóstico de capacidad de generación de potencia fotovoltaica bajo técnicas de aprendizaje automático.

Identifican la relación entre variables climáticas, de las cuales depende directamente la generación solar. Para después con el uso de una base de datos meteorológica de amplio recorrido, proveer los datos climáticos de entrada a los algoritmos implementados cuya respuesta será comparada en un caso particular de generación de potencia fotovoltaica [6].

El Ministerio de Trabajo y Seguridad Social se une a la reducción de la huella de carbono a partir de la Guía para la elaboración de Programas de Gestión

---

<sup>3</sup> Apartado “Esquemas de fijación del precio de la electricidad inyectada a la red” [4]

Ambiental Institucional (PGAI) en el Sector Público de Costa Rica, oficializada el 23 de agosto del 2011 y la Directriz 017-MINAET, del 07 de julio del 2011 en documentación de referencia y política.

El Ministerio de Trabajo de Seguridad Social recibió una donación de cuatro automóviles eléctricos Mitsubishi i-Miev 2017 por la embajada de Japón, cumpliendo porcentualmente con el Plan Nacional de Descarbonización efectivamente en el eje de Transporte y Movilidad Sostenible trazando rutas de cambio en las áreas claves para revertir el crecimiento de emisiones de gases de efecto invernadero, así como fomentar la modernización y dinamización de la economía bajo una visión de crecimiento verde y el Plan Nacional de Desarrollo e Inversiones Públicas (PNDIP) en las metas 2019-2022 en el transporte liviano nutrido de energía renovable [7].

Aunado a lo anterior, mediante el compromiso adquirido en el año 2018 el Departamento de Servicio Generales efectuó varios proyectos: una auditoría interna con base en un levantamiento eléctrico sobre la cantidad de fluorescentes y bombillos instalados actualmente en el edificio Presbítero Benjamín Núñez para poder medir la potencia de iluminación instalada y generar un proyecto de Mantenimiento de Edificio para el cambio de las luminarias actuales de alto consumo (proyecto no aprobado). La creación de parqueo para siete bicicletas e iluminación tipo Led aplicando fotoceldas fue un método de ahorro constante en el parqueo institucional y centros eléctricos para la carga de los automóviles eléctricos.

En los proyectos de Mantenimiento de Edificios del año 2019 por parte del Departamento de Servicios Generales se cambió por motivo de rebalse, en el sector oeste del edificio las canalizaciones pluviales de tres pulgadas desde las canoas hasta el punto de descargue cerca del Chiller y la finalización del parqueo bajo techo en la periferia del parqueo institucional del edificio Presbítero Benjamín Núñez del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.

En continuidad con la gestión, la Administración Superior emitió el oficio MTSS-DMT-OF-879-2019, emitida el 20 de junio del 2019, generando de manera oficial la Comisión Institucional de Gestión Ambiental (CIGA) donde se da cumplimiento sobre la Directriz 031 y Directriz 011 DIGECA sobre Adquisición de Equipos eficientes amigables con el ozono y el cambio climático (Ver **ANEXO 1. Oficio creación CIGA**) y el oficio MTSS-DMT-OF-238-2020, emitido el 25 de febrero del 2020, donde oficializan la Comisión Institucional de Valoración de Edificios (CIVE) que se encarga del cumplimiento de las normativas y estándares vigentes para cumplir con los estándares ambientales y mejoras en los traslados de Regionales a nivel país del MTSS.

Seguidamente, se implementó el cambio ideal según la normativa vigente INTE/ISO 8995-1:2016 referente a la iluminación de los lugares de trabajo con la mejor opción según la cantidad de lúmenes en tecnología LED. El estudio efectuado presentó un consumo anual de 216 936 kWh según la sumatoria de las potencias de cada luminaria y bombillo instalado en los niveles del edificio contra los datos teóricos anuales de 90 151 kWh con la iluminación LED referenciada en el **ANEXO 2. Auditoría luminarias instaladas en el MTSS del año 2018**, demostrando un ahorro mensual específico de ₡1 436 840 en la facturación eléctrica según se desarrolla en la auditoría interna. Demostrando que consumen 2.5 veces menos que una bombilla de bajo consumo convencional y 8.9 veces menos que una bombilla tradicional incandescente. Esto conlleva un impresionante ahorro económico y una rápida amortización de la inversión en el presupuesto anual de la compra de luminarias y bombillos LED.

Finalmente, cabe indicar que el autor de este documento, está en constante participación en dichas Comisiones, asesorando la CIGA en proyectos de mejora, suministrando documentación e información y en la CIVE como coordinador de la misma.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Diseñar un sistema integral de aprovechamiento solar fotovoltaico y almacenamiento de energía eléctrica para atender el consumo energético del uso del edificio central del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social por medio del estudio de perfiles de consumo eléctrico y datos de sistemas climatológicos.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

1. Realizar una evaluación energética del edificio central del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social para cuantificar consumos de energía considerando un balance energético y el índice de gases de efecto invernadero.
2. Realizar un análisis de los datos de perfil de carga eléctrica y condiciones climatológicas en la ubicación geográfica del edificio central del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social para definir la forma de operación del sistema de almacenamiento energético aplicando herramientas de metodología estadística basados en el análisis de varianza.
3. Diseñar sistemas fotovoltaicos con almacenamiento de energía para autoconsumo integral con el fin de reducir la factura eléctrica del edificio central del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social considerando el reglamento de generación distribuida para autoconsumo del país y los perfiles de carga eléctrica.
4. Analizar la viabilidad de los proyectos de los diseños propuestos para el ahorro energético en el edificio central del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social mediante un estudio de factibilidad financiera.



## 1.5 Alcance

En primera instancia el alcance del documento es una evaluación energética del edificio central del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social y como propuesta de mejora crear un plan de gestión de reducciones implementando un diseño, análisis y simulación de sistemas fotovoltaicos, almacenamiento de energía por baterías y evaluación de un cambio de tipo de tarifa eléctrica con programas de diseño fotovoltaico, de almacenamiento de energía, cambio de tecnología LED en luminarias y almacenamiento de aguas pluviales para reutilización. Además, elaborar estudios del edificio central Pbro. Benjamín Núñez del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social por medio de perfiles de carga eléctrica suministrados por la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL) como empresa distribuidora de electricidad, los perfiles climatológicos suministrados por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) y los datos de precipitación en mm del IMN para evaluar el recurso pluvial.

Para poder validar y ejecutar los diseños propuestos, se espera posterior a la aprobación presupuestaria de la Dirección General de Presupuesto Nacional del Ministerio de Hacienda al Programa 72900 del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, elaborar un conjunto de carteles de contratación administrativa de instalación electromecánica y civil con mantenimientos preventivos y correctivos de los proyectos por medio de la plataforma de Sistema Integrado de Compras Públicas (SICOP).

## **1.6 Limitaciones**

Actualmente no se incluye en la implementación presupuestaria por las afectaciones implicadas del Programa 72900 del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social denominado “Actividades Centrales”, específicamente en la subpartida de proyectos de Mantenimiento de Edificios por los recortes tanto para el período 2021 como para los posteriores cuatro años.

En perspectiva a los recortes presupuestarios efectuados en la Ley de Presupuesto para el período 2021, y ahora agravado con la publicación del Decreto Ejecutivo 42798-H<sup>4</sup> del 12 de enero del 2021; se verían en riesgo de conservación e incumplimiento de operación, la prestación de servicios de edificios, instalaciones, activos y equipos, necesarios para propiciar las condiciones físico ambientales necesarias para garantizar un mejor índice de gases de efecto invernadero acorde a las mejoras institucionales y el cumplimiento con los requerimientos del Programa País Carbono Neutralidad 2.0.

Una limitación importante es la afectación por las condiciones actuales a nivel país del COVID-19, dando otras prioridades a favor de ayudas a otras instituciones por la emergencia nacional, trasladando o recortando el monto destinado para la implementación de los proyectos propuestos.

---

<sup>4</sup> Medidas para control y reducción del gasto público

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Cálculo de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

La ecuación de carbono neutralidad incluye el cálculo de todas las emisiones y remociones de la organización, también se puede conocer como inventario de GEI. Para asegurar que la información de los inventarios de GEI sea cierta y transparente, las organizaciones deben integrar su inventario conforme a los principios de pertinencia, cobertura total, coherencia, exactitud, transparencia, respeto al principio de legalidad y eficiencia [8].

#### 2.1.1. Interpretación de la ecuación de carbono neutralidad

La norma INTE B5 establece en su apartado 3.5 la ecuación del carbono neutralidad de la siguiente forma:

$$\Sigma E - \Sigma R - \Sigma C = 0 \quad (1)$$

Dónde:

*E* = Resultado del cálculo neto de las emisiones y remociones

*R* = Reducciones

*C* = Compensación

Para efectos del Programa País Carbono Neutralidad (PPCN), la ecuación anterior debe ser interpretada de la siguiente forma:

$$\text{Inventario de GEI} - \Sigma C = 0 \quad (2)$$

Dónde:

*Inventario de GEI* = Comprende las emisiones totales y remociones del período de reporte (*E*) y la reducción de emisiones de GEI lograda por la organización mediante la implementación de acciones dentro del mismo período reportado (*R*).

### 2.1.2. Generación de informes de inventarios

Un informe de inventario de gases de efecto invernadero incluye un conjunto de cuadros estándar para generación de informes que cubren todos los gases, las categorías y los años pertinentes, y un informe escrito que documenta las metodologías y los datos utilizados para elaborar las estimaciones.

Los siguientes gases de efecto invernadero están cubiertos en las Directrices de 2006:

- dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)
- metano (CH<sub>4</sub>)
- óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)
- hidrofluorocarbonos (HFC)
- perfluorocarbonos (PFC)
- hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>)
- trifluoruro de nitrógeno (NF<sub>3</sub>)
- trifluorometil pentafluoruro de azufre (SF<sub>5</sub>CF<sub>3</sub>)
- éteres halogenados (por ejemplo, C<sub>4</sub>F<sub>9</sub>OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>, CHF<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>OC<sub>2</sub>F<sub>4</sub>OCHF<sub>2</sub>, CHF<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>OCHF<sub>2</sub>)
- y otros halocarbonos no cubiertos por el Protocolo de Montreal, incluidos CF<sub>3</sub>I, CH<sub>2</sub>Br<sub>2</sub>, CHCl<sub>3</sub>, CH<sub>3</sub>Cl, CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>

Los gases antes enumerados tienen potenciales de calentamiento atmosférico (PCA) identificados por el IPCC antes de la finalización de las Directrices de 2006.

Un PCA compara el forzamiento radiactivo de una tonelada de un gas de efecto invernadero en un período de tiempo dado (por ejemplo 100 años) con una tonelada de CO<sub>2</sub>. Las Directrices de 2006 también presentan métodos para los gases para los cuales los valores de PCA no estaban disponibles antes de la finalización, es decir, C<sub>3</sub>F<sub>7</sub>C(O)C<sub>2</sub>F<sub>5</sub>, C<sub>7</sub>F<sub>16</sub>, C<sub>4</sub>F<sub>6</sub>, C<sub>5</sub>F<sub>8</sub> y c-C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>O. A veces se los

utiliza como sustitutos de los gases incluidos en el inventario, y se alienta a los países a proporcionar las estimaciones que les corresponden.

### 2.1.3. Combustión Estacionaria

Se presentan métodos para el abordaje por sectores en tres niveles, sobre la base de:

- Nivel 1: quema del combustible procedente de las estadísticas nacionales de energía y de los factores por defecto de emisión;
- Nivel 2: quema del combustible procedente de las estadísticas nacionales de energía, junto con los factores de emisión específicos del país, en lo posible, derivados de las características nacionales del combustible;
- Nivel 3: estadísticas del combustible y datos relativos a las tecnologías de combustión aplicados juntamente con los factores de emisión específicos de la tecnología; incluye el uso de modelos y datos de las emisiones del nivel de las instalaciones, si están disponibles.

Se puede consultar la base de datos de factores de emisión del IPCC para obtener la información adecuada a las circunstancias nacionales; no obstante, el uso correcto de la información de la base de datos es responsabilidad de los compiladores del inventario de gases de efecto invernadero.

Para aplicar una estimación de emisión de Nivel 1 se requiere lo siguiente para cada categoría de fuente y combustible:

- Datos sobre la cantidad de combustible quemado en la categoría de fuente
- Un factor de emisión por defecto. Los factores de emisión provienen de los valores por defecto suministrados. Se utiliza la siguiente ecuación:

$$Emisiones_{gases\ de\ efecto\ invernadero} = Consumo_{combustible} * FE_{GEI,combustible} \quad (3)$$

Dónde:

*Emisiones GEI combustible* = cantidad de emisiones de un gas de efecto invernadero dado por tipo de combustible (kg GEI)

*Consumo combustible* = cantidad de combustible quemado (TJ)

*FE GEI, combustible* = factor de emisión del IMN de un gas de efecto invernadero dado por tipo de combustible (kg gas/TJ). Para el caso del CO<sub>2</sub>, incluye el factor de oxidación del carbono, que se supone es 1.

#### 2.1.4. Combustión Móvil

Las fuentes móviles producen emisiones de gases directos de efecto invernadero de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) procedentes de la quema de diversos tipos de combustible, así como varios otros contaminantes como el monóxido de carbono (CO), los compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM), el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), la materia particulada (PM) y los óxidos de nitrato (NO<sub>x</sub>), que causan o contribuyen a la contaminación del aire local o regional.

##### 2.1.4.1. Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)

$$\text{Emisiones} = \frac{L_{\text{combustible}}}{\text{año}} * FE_{IMN} \quad (4)$$

Dónde:

*Emisiones* = cantidad de emisión en kg CO<sub>2</sub>/año

*FE<sub>IMN</sub>* = factor de emisión IMN dependiente del tipo de combustible (kg CO<sub>2</sub>/L)

*L<sub>Combustible</sub>* = cantidad de combustible consumido al año (gasolina o diésel) (Litros)

##### 2.1.4.2. Metano (CH<sub>4</sub>)

$$\text{Emisión} = \left( \frac{L_{\text{combustible}}}{\text{año}} * FE_{IMN} \right) / 1000 \quad (5)$$

Dónde:

*Emisiones* = cantidad de emisión en kg CH<sub>4</sub>/año

*EFIMN* = factor de emisión IMN dependiente del tipo de combustible (gCH<sub>4</sub>/L)

*L<sub>Combustible</sub>* = cantidad de combustible consumido al año (gasolina o diésel) (Litros)

#### 2.1.4.3. Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O)

$$\text{Emisión} = \left( \frac{L_{\text{combustible}}}{\text{año}} * FE_{IMN} \right) / 1000 * 310 \quad (6)$$

Dónde:

*Emisiones* = cantidad de emisión en kg N<sub>2</sub>O/año

*EFIMN* = factor de emisión IMN dependiente del tipo de combustible (gN<sub>2</sub>O/L)

*L<sub>Combustible</sub>* = cantidad de combustible consumido al año (gasolina o diésel) (Litros)

#### Conversión a Dióxido de Carbono Equivalente

Posterior de obtener las emisiones de cada gas de efecto invernadero se debe realizar el cálculo para convertirlos a CO<sub>2e</sub>. Por lo que individualmente se forman y por separando las emisiones de los vehículos que usan gasolina con catalizador de los que usan diésel, esto debido a que el factor de emisión es diferente para cada tipo de combustible. Además, para obtener los resultados en dióxido de carbono equivalente en el caso de metano, óxido nitroso y dióxido de carbono se hace por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{Emisión CO}_{2e} = \sum \text{emisión} * PCGa \quad (7)$$

Dónde:

*Emisiones* = cantidad de emisión de dióxido de Carbono equivalente (kg CO<sub>2e</sub>/año)

*PCG* = Potencial de Calentamiento Global IMN horizonte de 100 años

*a* = tipo de GEI (p. ej. CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> o N<sub>2</sub>O)

### 2.1.5. Emisiones fugitivas y estacionarias

Las fugas anuales desde los bancos de refrigerantes representan emisiones fugitivas, es decir, fugas desde empalmes, juntas, sellado de válvulas, etc., pero también roturas de tuberías o de intercambiadores térmicos que conducen a una liberación parcial o total del refrigerante hacia la atmósfera. Además de las fallas en los componentes, tales como el fundido del compresor, los equipos reciben mantenimiento principalmente cuando la capacidad de refrigeración es muy baja debido a la pérdida de refrigerante por emisiones fugitivas. Para algunas sub-aplicaciones, las fugas deben repararse durante el mantenimiento y quizá sea necesario recuperar refrigerante, de modo que al estimar los factores de emisión debe tomarse en cuenta la eficiencia de recuperación. Además, conocer los requerimientos anuales de refrigerante para el mantenimiento por sub-aplicación permite determinar el mercado nacional de los refrigerantes a través de la suma de las cantidades cargadas en los equipos nuevos. Se aplica la fórmula 8 de cálculo.

#### 2.1.5.1. Gases refrigerantes

Emisiones de acuerdo con la vida útil del equipo:

$$E_{\text{Vida útil}, t} = B_t * \frac{x}{100} \quad (8)$$

Dónde:

$E_{\text{Vida útil}, t}$  = cantidad de emisiones del equipo según su vida útil

$B_t$  = cantidad de HFC emitido durante la operación del sistema en el año  $t$ , (kg)

$x$  = índice de emisión anual sobre fugas (incluido el mantenimiento o recarga). De acuerdo con el cuadro 7.9 del Capítulo 7 del Volumen 3 de la IPCC.



Al calcular el banco de refrigerante (Bt), todos los sistemas en operación en el país (producidos nacionalmente e importados) deben ser considerados sub-aplicación por sub-aplicación.

#### 2.1.5.2. Emisiones de aires acondicionados y refrigeradoras

$$E_{CO_2e} = E_{Vida\ útil,t} * PCG \quad (9)$$

Dónde:

$E_{CO_2e}$  = cantidad de emisiones en dióxido de carbono equivalente (kg CO<sub>2e</sub>/año)

$E_{Vida\ útil, t}$  = cantidad de emisiones del equipo según su vida útil

$PCG$  = Potencial de calentamiento global de cada componente del equipo

#### 2.1.5.3. Extintores

$$E_{CO_2e} = c_a * PCG \quad (10)$$

Dónde:

$E_{CO_2e}$  = cantidad de emisiones en dióxido de carbono equivalente (kg CO<sub>2e</sub>/año)

$c_a$  = carga del componente del extintor en kilogramos (kg)

$PCG$  = Potencial de calentamiento global de cada componente del equipo

#### 2.1.6. Emisiones electricidad

La electricidad pública y la producción de calor probablemente sean la fuente principal de emisiones de SO<sub>2</sub> en aquellos países en los que se hace un uso extendido del carbón, así como una fuente importante de emisiones de NO<sub>x</sub>. Para dicho cálculo se realizó la siguiente fórmula:

$$E_{CO_2e} = Electricidad_{consumida} * FE \quad (11)$$

Dónde:

$E_{CO_2e}$  = cantidad de emisiones en dióxido de carbono equivalente (kg CO<sub>2e</sub>/año)

$FE$  = factor de emisión del IMN de la electricidad (kg CO<sub>2</sub>/kWh)

$Electricidad_{consumida}$  = consumo de electricidad en un año (kWh/año)

#### 2.1.7. Emisiones de uso de lubricantes

Hidrocarburos producidos a partir de destilado o residuo; se los utiliza principalmente para reducir la fricción entre las superficies de los rodamientos. Esta categoría incluye todos los tipos terminados de aceites lubricantes, desde el aceite parahúso hasta el aceite para el cilindro, y los utilizados en las grasas, incluidos los aceites para motor y todos los tipos de soporte de aceite lubricante. Para dicho cálculo se realizó la siguiente fórmula:

$$E_{CO_2e} = Lubricante * FE \quad (12)$$

Dónde:

$E_{CO_2e}$  = cantidad de emisiones en dióxido de carbono equivalente (kg CO<sub>2e</sub>/año)

$FE$  = factor de emisión del IMN de la electricidad (kg CO<sub>2</sub>/L de lubricantes)

$Lubricante$  = cantidad de lubricante usado en un año (Litros/año)

#### 2.1.8. Aguas residuales

Las aguas residuales pueden ser una fuente de metano (CH<sub>4</sub>) cuando se las trata o elimina en medio anaeróbico. También pueden ser una fuente de emisiones de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) procedentes de las aguas residuales no se consideran en las Directrices del IPCC porque son de

origen biogénico y no deben incluirse en el total nacional de emisiones. Las aguas residuales se originan en una variedad de fuentes domésticas, comerciales e industriales y pueden tratarse in situ (no recolectadas), transferirse por alcantarillado a una instalación central (recolectadas), o eliminarse sin tratamiento en las cercanías o por medio de desagües. Se utiliza la siguiente ecuación para obtener el factor de emisión para cada vía o sistema de tratamiento y/o eliminación de aguas servidas domésticas.

$$FE = B_0 * MCF \quad (13)$$

Dónde:

*FE* = factor de emisión (kg CH<sub>4</sub>/kg DBO)

*B<sub>0</sub>* = capacidad máxima de producción de metano (kg CH<sub>4</sub>/kg DBO) (Cuadro 6.2 Capítulo 6, Volumen 5, IPCC (2006))

*MCF* = factor corrector para el metano (Cuadro 6.3, Capítulo 6, Volumen 5, IPCC (2006))

La siguiente ecuación estima las emisiones de CO<sub>2e</sub> en donde solo es posible usar la cantidad de personas que trabajan en un edificio, a pesar de que presta servicio al cliente, esto porque no existe un registro del ingreso de usuarios al edificio. Además, la carga orgánica se obtiene con jornada laboral en los días por semana.

$$ECO_2 = \left( \frac{P * H_t * \frac{1}{24} * D_t * S * DBO}{1000} \right) * FE * PCG \quad (14)$$

Dónde:

*ECO<sub>2e</sub>* = cantidad de emisiones de CO<sub>2e</sub> (kg CO<sub>2e</sub>/año)

*P* = cantidad de personas que trabajan en el edificio Benjamín Núñez del MTSS

*H<sub>t</sub>* = horario laboral (jornada de 8 horas)

*D<sub>t</sub>* = días trabajados a la semana (5 días)

*S* = semanas en un año (52 semanas/año)

*DBO* = cantidad de DBO estimada para América Latina (40 g/persona/día) del cuadro 6.4 del Capítulo 6, Volumen 5, IPCC (2006)

*FE*= factor de emisión (kg CH<sub>4</sub>/kg DBO)

*PCG*= potencial de calentamiento global para el metano en un horizonte de 100 años

### 2.1.9. Residuos sólidos:

En la Política Nacional de Gestión de Residuos Sólidos (PNGRS) 2010-2021, se determinaron las emisiones de dióxido de carbono equivalente de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$ECO_2 = \left( \frac{P * H_t * \frac{1}{24} * D_t * S * GR}{1000} \right) * FE * PCG \quad (15)$$

Dónde:

*ECO<sub>2e</sub>* = cantidad de emisiones de CO<sub>2e</sub> (kg CO<sub>2e</sub>/año)

*P*= cantidad de personas que trabajan en el edificio Benjamín Núñez del MTSS

*H<sub>t</sub>*= horario laboral (jornada de 8 horas)

*D<sub>t</sub>*= días trabajados a la semana (5 días)

*S*= semanas en un año (52 semanas/año)

*GR*= cantidad de residuos sólidos generados (1 kg residuos/persona/día) según la PNGRS (2011)

*FE*= factor de emisión IMN (kg CH<sub>4</sub>/kg residuos)

*PCG*= potencial de calentamiento global para el metano en un horizonte de 100 años

## 2.2 Análisis de Regresión

El análisis de regresión tiene como objetivo modelar en forma matemática el comportamiento de una variable de respuesta en función de una o más variables independientes (factores). Si mediante un modelo matemático es posible describir tal relación, entonces este modelo puede ser usado para propósitos de predicción, optimización o control.

Para estimar los parámetros de un modelo de regresión son necesarios los datos, los cuales pueden obtenerse de experimentos planeados, de observaciones de fenómenos no controlados o de registros históricos [9].

El método de estudio se basa en el diseño y análisis de experimentos con ajustes de modelos de regresión. Se utiliza un enfoque de regresión para el análisis de varianza como método para entender los fundamentos del análisis estadístico de diseños más complejos. Llamada la prueba general de significación de la regresión, el procedimiento consiste en esencia en encontrar la reducción en la suma de cuadrados total para ajustar el modelo con todos los parámetros incluidos y la reducción en la suma de cuadrados cuando el modelo se restringe a la hipótesis nula. La diferencia entre estas dos sumas de cuadrados es la suma de cuadrados de los tratamientos con la que puede realizarse la prueba de hipótesis nula. El procedimiento requiere los estimadores de mínimos cuadrados de los parámetros en el modelo del análisis de varianza [10].

### 2.2.1. Modelo Regresión Lineal

Sean dos variables  $X$  y  $Y$ , suponga que se quiere explicar el comportamiento de  $Y$  con base en los valores que toma  $X$ . Para esto, se mide el valor de  $Y$  sobre un conjunto de  $n$  valores de  $X$ , con lo que se obtienen  $n$  parejas de puntos  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$ , ...,  $(x_n, y_n)$ . A la variable  $Y$  se le llama la variable dependiente o la variable

de respuesta y a X se le conoce como variable independiente o variable regresora.

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon \quad (16)$$

Dónde:

$y$  = variable dependiente o de respuesta

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$  y  $\beta_n$  = coeficientes de regresión parcial

$X_{1,2,n}$  = variables predictoras o regresores

$\varepsilon$  = término del error aleatorio con media cero y varianza  $\sigma^2$

### 2.2.2. Análisis de varianza del modelo de regresión

Otro enfoque para analizar la significancia del modelo es descomponer la variabilidad observada, y a partir de ello probar hipótesis. Efectivamente, la variabilidad total observada en la variable de respuesta puede ser medida a través de la suma de cuadrados de regresión.

El análisis de varianza para probar la significancia del modelo de regresión se resume en la siguiente tabla:

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	$F_0$	Valor-p
Regresión	$SC_R = \hat{\beta}_1 S_{xy}$	1	$CM_R$	$CM_R/CM_E$	$\Pr(F > F_0)$
Error o residual	$SC_E = S_{yy} - \hat{\beta}_1 S_{xy}$	$n - 2$	$CM_E$		
Total	$S_{yy}$	$n - 1$			

Tabla 1. Análisis de varianza para el modelo de regresión simple [9].

### 2.2.3. Regresión lineal múltiple

En muchas situaciones prácticas existen múltiples variables independientes que se cree que influyen o están relacionadas con una variable de respuesta Y, y por

lo tanto será necesario tomar en cuenta si se quiere predecir o entender mejor el comportamiento de  $Y$ .

Con frecuencia los modelos cuya apariencia es más compleja que la ecuación (16) pueden analizarse mediante técnicas de regresión lineal múltiple, considerando la incorporación de un término de interacción en el modelo de primer orden en dos variables, como describe la siguiente ecuación:

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \varepsilon \quad (17)$$

Si se hace  $x_3 = x_1 x_2$  y  $\beta_3 = \beta_{12}$ , entonces la ecuación (17) puede escribirse como:

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon \quad (18)$$

que es un modelo de regresión lineal múltiple estándar con tres regresores. Como otro ejemplo, considere el modelo de superficie de respuesta de segundo orden en dos variables:

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \varepsilon \quad (19)$$

si se hace  $x_3 = x_1^2$ ,  $x_4 = x_2^2$ ,  $x_5 = x_1 x_2$ ,  $\beta_3 = \beta_{11}$ ,  $\beta_4 = \beta_{22}$  y  $\beta_5 = \beta_{12}$ , entonces esta expresión queda como:

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \varepsilon \quad (20)$$

que es un modelo de regresión lineal. En general, cualquier modelo de regresión que es lineal en los parámetros (los valores  $\beta$ ) es un modelo de regresión lineal, independientemente de la forma de la superficie de respuesta que genera.

#### 2.2.4. Pruebas de hipótesis en regresión lineal múltiple

Las hipótesis sobre los parámetros del modelo son equivalentes a las realizadas para regresión lineal simple, pero ahora son más necesarias porque en regresión múltiple tenemos más parámetros en el modelo; sin embargo, por lo general es necesario evaluar su verdadera contribución a la explicación de la respuesta. También requerimos de la suposición de que los errores se distribuyen en forma normal, independientes, con media cero y varianza  $\sigma^2$  ( $\varepsilon_i \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$ ). Una consecuencia de esta suposición es que las observaciones  $y_i$  son:  $\text{NID}(\beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j X_{ji}, \sigma^2)$ .

#### 2.2.5. Análisis de varianza

La hipótesis global más importante sobre un modelo de regresión múltiple consiste en ver si la regresión es significativa. Esto se logra probando la siguiente hipótesis:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$$

$$H_A: \beta_j \neq 0 \quad \text{para al menos un } j = 1, 2, \dots, k$$

Aceptar  $H_0$  significa que ningún término o variable en el modelo tiene una contribución significativa al explicar la variable de respuesta,  $Y$ . Mientras que rechazar  $H_0$  implica que por lo menos un término en el modelo contribuye de manera significativa a explicar  $Y$ .

El procedimiento de análisis de varianza para el modelo de regresión lineal múltiple se sintetiza en la siguiente tabla:



Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	$F_0$	Valor-p
Regresión	$SC_R = \hat{\beta}'X'y - \frac{(\sum_{i=1}^n y_i)^2}{n}$	$k$	$CM_R$	$CM_R/CM_E$	$\Pr(F > F_0)$
Error o residuo	$SC_E = y'y - \hat{\beta}'X'y$	$n - k - 1$	$CM_E$		
Total	$S_{yy} = y'y - \frac{(\sum_{i=1}^n y_i)^2}{n}$	$n - 1$			

Tabla 2. ANOVA para la significancia del modelo de regresión lineal múltiple [9].

## 2.3. El Recurso Solar

### 2.3.1. Coordenadas solares

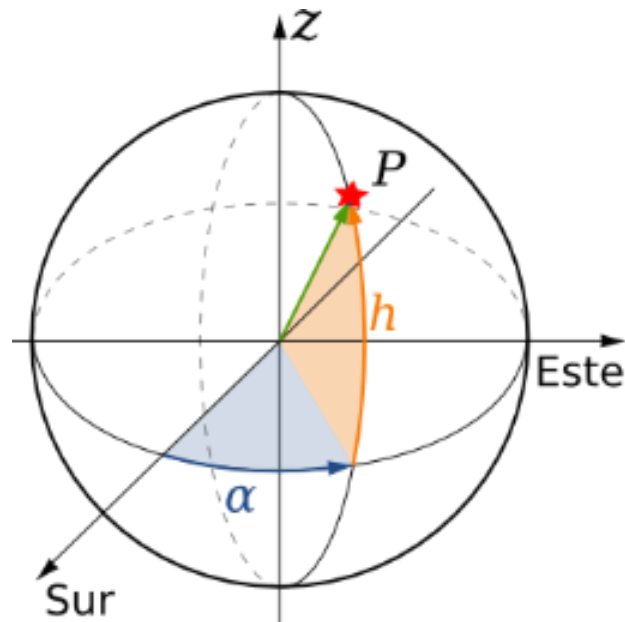
Al igual que es necesario establecer un sistema de referencia para conocer la posición exacta de un lugar en el planeta, (latitud, longitud y altitud), también es preciso determinar un sistema de referencia para conocer la posición del Sol.

Aunque la Tierra es la que realiza el movimiento respecto al Sol, al efectuarse la medición de la posición solar respecto a la Tierra se considera que es ésta la que se encuentra estática y el Sol el que se encuentra en movimiento.

Para conocer dicha posición del Sol es preciso determinar los siguientes ángulos:

- Altura solar (h): Es el ángulo formado por la dirección Sol-Tierra con el plano horizontal del emplazamiento.
- Angulo Acimutal ( $\alpha$ ): Es el ángulo formado por la proyección horizontal de la dirección Sol-Tierra con el sur. En el hemisferio Norte es positivo hacia el Oeste y en el hemisferio Sur lo es hacia el Este. En algunos casos el ángulo acimutal utiliza el Norte como referencia. Es importante siempre identificar cuál es el punto cardinal que se utiliza como referencia para el acimut.

Estos dos parámetros de posicionamiento solar se representan en la Ilustración 1. Una mayor altura solar implica una incidencia más directa, más perpendicular de la radiación solar y que puede aportar más energía.

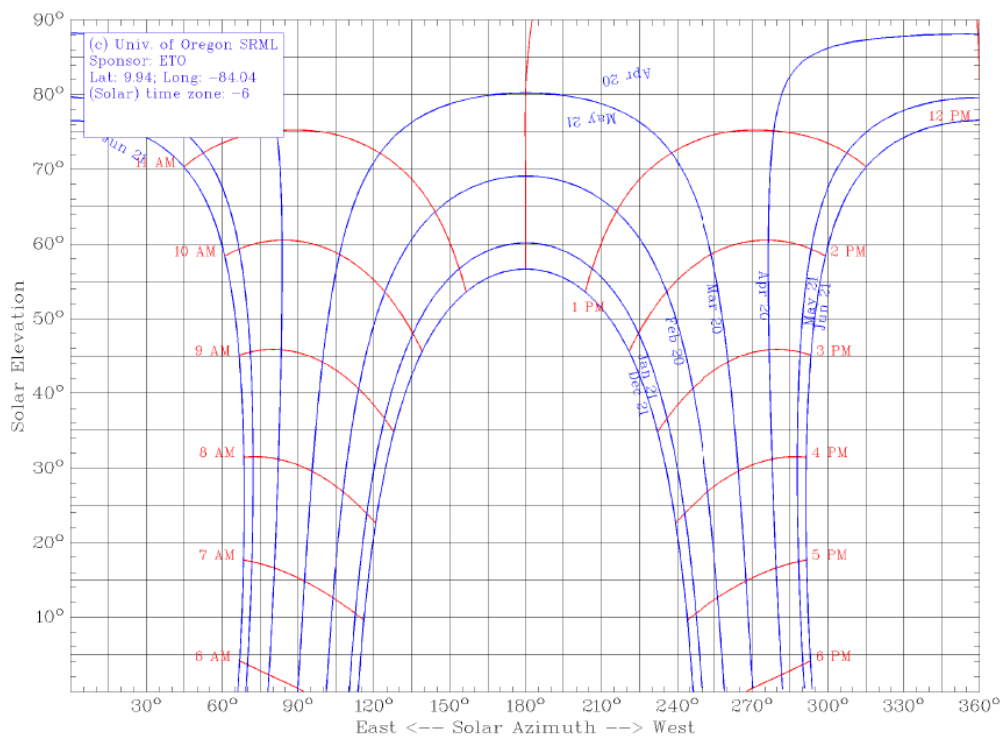


*Ilustración 1. Sistema de coordenadas solares*

### 2.3.2. Diagrama cilíndrico

Este diagrama representa en el eje horizontal (X, abscisas) el ángulo acimutal y en el eje vertical (Y, ordenadas) la altura solar para distintos días del año. El resultado son unas curvas que representan las trayectorias solares a lo largo del año [11].

El diagrama cilíndrico de la Ilustración 2 corresponde a la ubicación geográfica de la Universidad de Costa Rica, Paseo de la Segunda República, Provincia San José, San Pedro, Vázquez Dent, 11501 Costa Rica.



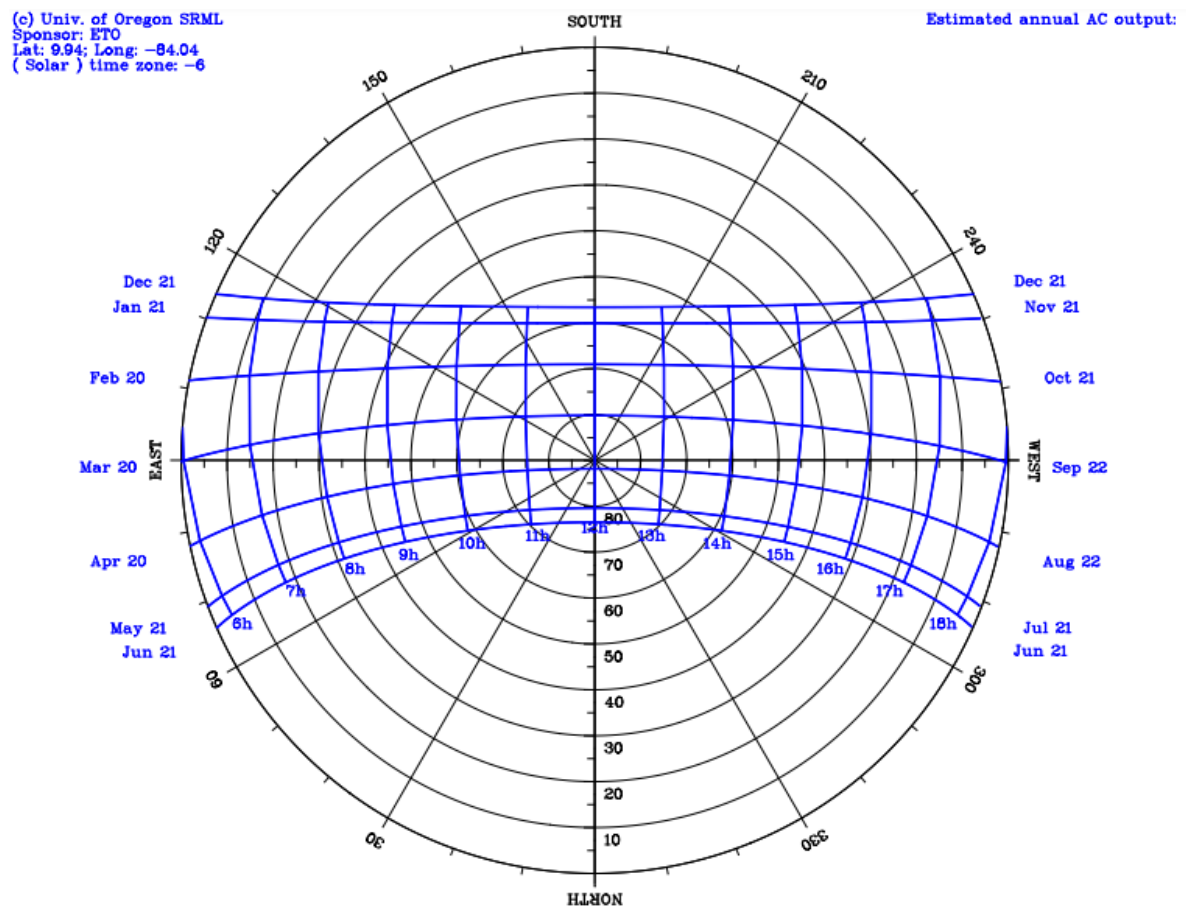
**Ilustración 2.** Diagrama cilíndrico de la ubicación de la UCR (latitud: 9.94 N, longitud: - 84.04 O). Nótese que para este diagrama se utiliza como referencia el Norte para el ángulo acimut. Cortesía del “Solar Radiation Laboratory” de la Universidad de Oregon

En la **Ilustración 2** representa que en el mes de abril se determina observando la trayectoria del diagrama que tiene una altura solar (“Solar elevation”) igual a  $90^\circ$  y como estamos en el Trópico, existirán meses en el año en los cuales el Sol está orientado hacia el Norte. Las trayectorias que corresponden a los meses de mayo y junio indican que un observador deberá mirar hacia el Norte para ubicar al Sol.

### 2.3.3. Diagramas estereográficos

En este caso, las trayectorias solares de los distintos días del año no se representan sobre la vertical como en el caso de los diagramas cilíndricos, sino que se representan sobre el plano horizontal.

La **Ilustración 3** muestra un diagrama estereográfico en donde se supone que el lugar de interés se ubica en el centro del mismo y la trayectoria solar mayormente se sitúa en el sur, por lo que los puntos cardinales válidos para tal situación son los Oeste (derecha) y Este (izquierda).



*Ilustración 3. Diagrama estequiométrico de la ubicación de la UCR (latitud: 9.94 N, longitud: - 84.04 O). Cortesía del "Solar Radiation Laboratory" de la Universidad de Oregon*

El método de coordenadas horizontales determina la posición del sol mediante dos ángulos denominados: azimut y altitud. El azimut es el ángulo medido sobre el horizonte celeste que forman el punto cardinal Norte ( $0^\circ$ ) y la proyección vertical del sol sobre el horizonte del observador situado en la latitud determinada.

Se mide en grados desde el punto cardinal Norte=0°, Este=90°, Sur=180° y Oeste 270°.

La altura solar es completamente del ángulo cenital, que se encuentra determinado por la dirección sol-tierra y la vertical de una ubicación determinada en la tierra [12].

## 2.4. Tecnología Fotovoltaica

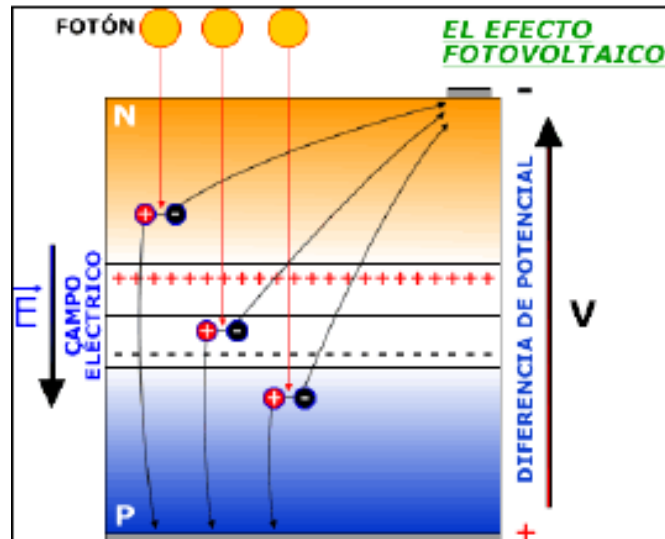
La tecnología se ha basado en el efecto fotoeléctrico con el fin de generar y aprovechar la electricidad que emana la radiación solar. El mismo que consiste en utilizar elementos que cuenten con la propiedad de aumentar su número de electrones ante la exposición a la radiación, y puede ser la luz ultravioleta o la visible [13].

### 2.4.1. Efectos fotoeléctricos

El efecto fotovoltaico puede aparecer en la unión entre dos materiales que pueden ser sólidos, líquidos o gases, pero es en sólidos, y especialmente en semiconductores de diferente conductividad eléctrica, donde se han encontrado las mejores eficiencias de conversión. Se destacan algunos materiales semiconductores como el silicio cristalino, silicio amorfo, arseniuro de galio, telurio de cadmio y cobre-indio-galio-selenio.

El efecto fotovoltaico se produce cuando fotones de la radiación solar son absorbidos por electrones de valencia del semiconductor tipo "p" excitándolos a moverse a estados de conducción que les permite desplazarse al semiconductor "n" creándose una acumulación de cargas negativas en este y los estados vacíos "huecos" dejados por estos electrones, en el semiconductor "p", se acumulan para formar una zona de carga positiva. La diferencia de potencial en estas dos zonas se ve externamente como un voltaje foto-generado y si se colocan

terminales eléctricas y una resistencia que cierre el circuito, las cargas negativas fotogeneradas en el semiconductor “n” fluirán por el circuito, a través de la resistencia [14].



*Ilustración 4. El efecto fotovoltaico [15].*

El efecto fotoeléctrico o fotovoltaico de la **Ilustración 4** permite convertir la energía solar de manera difusa o directa, se la considera como una alternativa para generar energía eléctrica en lugares urbanos donde tiene gran acogida este tipo de sistemas [15].

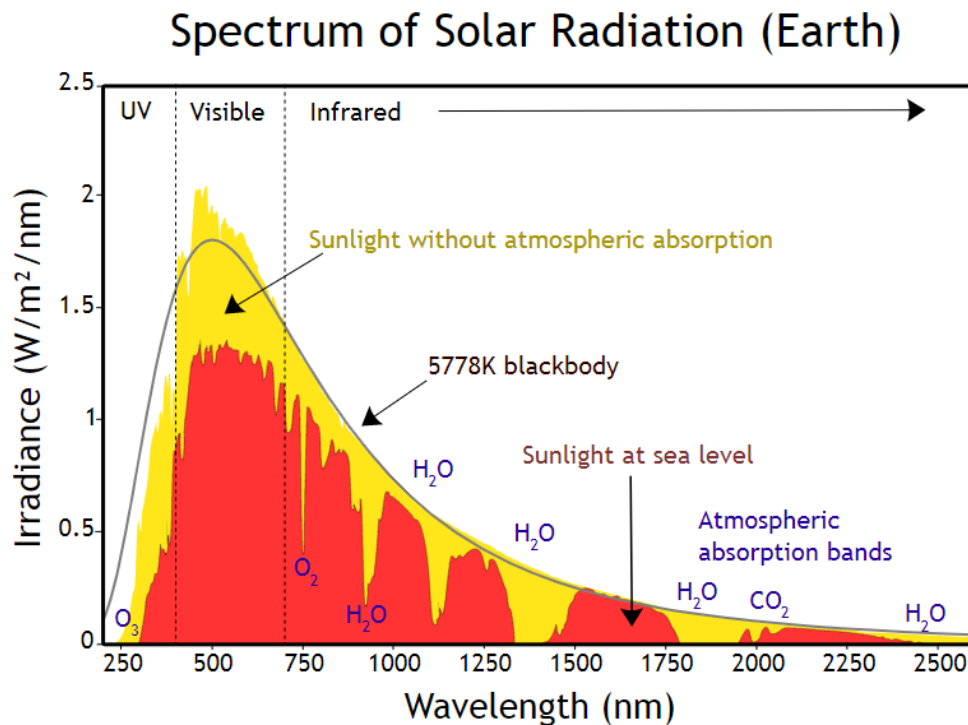
#### 2.4.2. Variables relacionadas con el clima

La energía radiante en ondas electromagnéticas se caracteriza por dos parámetros: la longitud de onda  $\lambda$  y la frecuencia  $\nu$ , siendo ambas inversamente proporcionales, es decir, una radiación de longitud de onda corta tendría elevada frecuencia. La energía irradiada está compuesta por varias ondas electromagnéticas con distintas longitudes de onda. De esta forma para caracterizar la energía electromagnética radiada se utiliza un gráfico que muestra

la intensidad del flujo de energía en función de la longitud de onda, tal y como el que se muestra en la **Ilustración 5**. El Sol emite radiación en todas las longitudes de onda existentes, aunque la mayor parte de la energía llega a la Tierra en forma de radiación del espectro visible e infrarrojo (7% ultravioleta, 47.3% visible y 45.7% infrarrojo) [16].

En un día parcialmente nublado un módulo fotovoltaico puede generar hasta un 80% de la energía generada en un día claro. Inclusive en un día con gran nubosidad el módulo puede llegar a generar un 30% de potencia [17].

La lluvia, aunque está asociada a una nubosidad mayor, también puede tener un efecto positivo sobre una instalación fotovoltaica ya que ayuda quitar el polvo de su superficie. Es por lo tanto importante poder determinar el efecto que tiene un conjunto de condiciones climatológicas sobre el desempeño de una instalación fotovoltaica.



*Ilustración 5. Intensidad del flujo de energía en función de la longitud de onda [15].*

### 2.4.3. Variación de parámetros fotovoltaicos con la temperatura

Los parámetros fundamentales de los módulos fotovoltaicos están calculados en condiciones STC: Irradiancia de 1000 W/m<sup>2</sup> y 25°C de temperatura de célula, la cual es diferente a la temperatura ambiente. Al ser inconstantes y transitorias las condiciones ambientales, cuando cambien los parámetros también cambian estas condiciones variables.

Las condiciones STC son condiciones de laboratorio. Para demostrar esto, se establecerá la temperatura ambiente requerida para que una celda pueda permanecer a 25°C con una irradiancia de 1000 W/m<sup>2</sup>.

La siguiente fórmula relaciona la temperatura de la celda con la temperatura ambiente y la irradiancia:

$$T_{celda} = T_{amb} \left( \frac{NOCT - 20}{800} \cdot irradiancia \right) \quad (21)$$

Si la temperatura ambiente es mayor, entonces la temperatura de la celda también será mayor. Cuando la temperatura de la celda aumenta, la tensión de salida tiende a disminuir, por lo que se debe hacer algunos cálculos para asegurarnos de que las características eléctricas sean adecuadas del modelo térmico [18].

Los fabricantes proporcionan datos que permiten determinar cómo varían las características eléctricas con la temperatura. Estos son los coeficientes de tensión, de corriente y de potencia.

El fin es determinar el comportamiento de la celda con las condiciones variables de la temperatura ambiente, dejando siempre el valor de irradiancia en 1000 W/m<sup>2</sup> determinando un mejor rendimiento de las celdas como parámetros de ensayo. La eficiencia de la celda solar no es igual a la eficiencia del panel



generalmente de 1% a 3% inferior debido a la reflexión del vidrio, marco de sombra, etc. [19].

## 2.5. Estimación de la producción de energía

Podemos ahora hacer un estimado de la energía que vamos a obtener de la instalación [11]. Esto se hace a partir de la ecuación:

$$E = P_{fv} \times HSP_{fv} \times PR \quad (22)$$

Dónde:

*E*: Es la energía obtenida de forma diaria de la instalación. Está en kWh.

*P<sub>fv</sub>*: Es la potencia pico del campo fotovoltaico, en kW.

*HSP<sub>fv</sub>*: Horas solares pico, para la orientación e inclinación adecuada.

*PR*: (Performance ratio o Factor de desempeño). Número obtenido considerando las pérdidas que pueden presentarse. Tiene un valor entre 0.7 y 0.85

Se puede obtener el valor de producción para varios días, por ejemplo, un mes, simplemente multiplicando por el número de días necesario:

$$E_{Ndías} = P_{fv} \times HSP_{fv} \times PR \times N_{días} \quad (23)$$

Dónde:

*N<sub>días</sub>* = es el número de días.

El valor de PR se determina por medio de:

$$PR = (1 - p_T) \times (1 - p_{\Delta V}) \times (1 - p_{disp}) \times (1 - p_{suc}) \times (1 - p_{seg}) \times Rend_{inv} \quad (24)$$

Dónde:

$p_T$ : son las pérdidas de potencia por variaciones en la temperatura de la celda. Se puede calcular por medio del coeficiente de variación de la potencia con la temperatura:  

$$p_T = \text{Coeft}_{TPmax} \times (25 - T_{celda})$$

$p_{\Delta V}$ : son las pérdidas en el cable.

$p_{disp}$ : son las pérdidas por dispersión.

$p_{suc}$ : son las pérdidas por suciedad.

$p_{seg}$ : son las pérdidas por seguimiento del punto de máxima potencia.

$\text{Rend}_{inv}$ : es el rendimiento (o la eficiencia) del inversor.

Los valores típicos para el cálculo del PR son:

$$(1 - p_{\Delta V}) = 0.98$$

$$(1 - p_{disp}) = 0.96$$

$$(1 - p_{suc}) = 0.95$$

$$(1 - p_{seg}) = 0.98$$

$$\text{Rend}_{inv} = 0.9 \text{ a } 0.98$$

### **3. MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Fuente de información y recursos**

Con respecto a la adquisición de la información necesaria para el desarrollo de los proyectos, se realizó una ardua investigación basadas en bibliografía académica, artículos relacionados y diversas páginas de internet de los temas en consideración. Dichos documentos en su mayoría corresponden a informes presentados en normativas o reglamentos nacionales e internacionales, artículos científicos, bases de datos de páginas web y plataformas dedicadas a adquisición global de mediciones atmosféricas y climatológicas, trabajos finales de graduación de energías renovables y empresas dedicadas a la fabricación, estudio y distribución de los elementos necesarios en los sistemas fotovoltaicos, almacenamiento de energía eléctrica, análisis y aprovechamiento energético, diseño de experimentos, generación distribuida para autoconsumo, bloques de consumo en tarifas eléctricas e instalaciones electromecánicas. A su vez, en la fase de investigación se contó con la colaboración por medio de entrevistas de varios ingenieros y expertos en la materia, por lo que con esto se logrará tener una orientación y guía en cuanto a los objetivos trazados para los proyectos.

También es importante resaltar el hecho de que se debe contar con varios tipos de software contenido en algunas páginas web de organizaciones y empresas dedicadas al diseño e implementación de los sistemas de generación eléctrica por medio del uso de paneles solares fotovoltaicos, almacenamiento eléctrico y relación directa del cambio de temperatura con el perfil de carga eléctrica de la edificación para poder implementar sistemas de almacenamiento de energía y aprovecharlo en las horas pico y respaldo eléctrico.

### 3.2 Etapas del proceso metodológico para el cumplimiento de los objetivos propuestos

Seguidamente se detalla cada una de las etapas, resaltando detalles que se consideran de apoyo relevante en la investigación del proyecto.

#### **3.2.1. Cálculo de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) del edificio Pbro. Benjamín Núñez.**

Para el cálculo se aplicó como base las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (Directrices de 2006) que constituyen el resultado de la invitación efectuada por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) para actualizar las Directrices y la orientación de buenas prácticas asociada, se tomaron en cuenta para el presente proyecto las metodologías acordadas internacionalmente para que utilicen los países, con el objeto de estimar los inventarios de gases de efecto invernadero e informarlos a la CMNUCC y el Programa País Carbono Neutralidad 2.0.

Primeramente, se debe obtener la emisión de gases de efecto invernadero (en toneladas de CO<sub>2</sub>e) a partir de los datos de la actividad que produce la emisión. Es de aplicación para fuentes de emisión de combustión, fija o móvil, emisiones de proceso o emisiones por degradación de materia orgánica, emisiones indirectas por la electricidad consumida y emisiones asociadas al ciclo de vida de los materiales.

El MTSS cuenta con el control operacional de sus procesos, por lo que se contabilizarán las emisiones que se generen a partir de las operaciones de la institución, esto porque tiene plena autoridad para introducir, aplicar y administrar sus políticas financieras y de operación, para obtener beneficios económicos de

sus actividades. En este caso el límite de la organización será específicamente de las actividades que se realicen en el edificio Pbro. Benjamín Núñez.

Las fuentes de GEI que se identificaron se agruparon dentro de las tres fuentes principales [20]:

1. Alcance 1: Se cuantifican las emisiones de primer alcance, o emisiones directas generadas por los procesos internos sobre las cuales se tiene control absoluto (por ejemplo, aire acondicionado, lubricantes, extintores, etc.).
2. Alcance 2: Las emisiones de segundo alcance, son indirectas, como en el caso del consumo eléctrico de las instalaciones del edificio central del MTSS, ya que la electricidad es producida por una empresa cuya generación produce emisiones de GEI y otros impactos y no por el edificio Pbro. Benjamín Núñez del MTSS directamente.
3. Alcance 3: Se incluyen emisiones de tercer alcance, tales como las producidas por residuos sólidos y aguas residuales.

En base al límite organizacional de la institución, su límite operativo va a estar enfocado principalmente en los Alcances 1 y 2, sin embargo, al contar con información de consumo de agua y destino de las aguas residuales se puede incorporar estos datos al Alcance 3 de los inventarios de gases de efecto invernadero.

Es importante establecer las acciones de reducción incluyendo las fuentes identificadas de gases de efecto invernadero en el edificio Presbítero Benjamín Núñez, las cuales están asociadas al alcance, la actividad dentro del sitio del inventario, gas o gases asociados y el equipo de emisión.

Dependiendo de la fuente de gases de efectos invernadero así será su comportamiento en la atmósfera, ya que no son los mismos gases que se generan por un refrigerante o en una combustión. Dicho esto, se presentan la

metodología del cálculo según las siete fuentes de emisión analizadas y breve descripción de cada apartado. La cual está basada en lo que dicta la IPCC del 2006 y los factores de emisión del Instituto Meteorológico Nacional (IMN).

#### 3.2.1.1. Emisiones Combustión fija:

En el análisis de combustión fija del edificio Presbítero Benjamín Núñez existe una planta de generación de energía que utiliza diésel como combustible. Cabe destacar que esta solo abastece al Departamento de Tecnologías de la Información (DTIC) y funciona como un respaldo en caso de pérdida de electricidad.

Se realizó una estimación sobre la cantidad de combustible usado en el año 2019, a partir de los litros de combustible adquiridos desde diciembre del 2018 hasta julio del 2019, que fue la fecha en donde se volvió a realizar una compra de diésel para la planta, los datos utilizando la ecuación (3).

#### 3.2.1.2. Emisiones Combustión móvil:

El edificio Pbro. Benjamín Núñez cuenta con 31 vehículos que utilizan gasolina o diésel se debe realizar los cálculos mediante la ecuación (4) para las emisiones de CO<sub>2</sub>, la ecuación (5) para las emisiones de CH<sub>4</sub> y la ecuación (6) para las emisiones de N<sub>2</sub>O.

Debido a que la información se encontraba de forma parcial se procedió a calcular los litros por km recorrido en los vehículos con placa PE- 15-162 y 61-854, en donde se logró obtener un promedio por mes de cada vehículo para encontrar el consumo de litros consumidos en todo el año base. Ver **APÉNDICE 2. Cálculo en Toneladas CO<sub>2</sub>e las emisiones GEI de combustión móvil.**

Por otra parte, en la recopilación de datos se detectaron tres casos o escenarios sobre los análisis de emisiones de combustión móvil explicados en la **Tabla 3**:

ESCENARIO	PLACAS DE VEHICULOS DEL MTSS	INFORMACION EMISIONES GEI
1	PE- 15-121, PE- 15-122, PE- 15-125, PE- 15-126, PE- 15-134, PE- 15-147, PE- 15-164, PE- 15-183, PE- 15-184, BLH-765, BLH-766 y BMT-025.	Se les determinó el promedio a los litros consumidos en los meses reportados con los datos completos, para obtener una estimación de los meses en que no se reportó el valor.
2	PE- 15-174, PE- 15-142, PE- 15-149, PE-15-160, PE-15-161, PE- 15-173, PE- 15-181, BFX- 361 y CL- 285881.	Se pudo determinar a partir del promedio de los litros consumidos al año de gasolina y de diésel del resto de los vehículos.
3	PE- 15-143, PE- 15-146, PE- 15-152, PE- 12-154, 786092 y PE- 15-163	Contaban con la información completa del año, por lo que se calcularon las emisiones de forma directa, aplicando las fórmulas anteriormente mencionadas.

*Tabla 3. Casos sobre recolección de datos de los vehículos del MTSS*

Luego de que se tienen las emisiones de cada gas de efecto invernadero se realizó el cálculo para convertirlos a dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2e</sub>). Por lo que se hizo de forma individual separando las emisiones de los vehículos que usan gasolina con catalizador de los que usan diésel, esto debido a que el factor de emisión es diferente para cada tipo de combustible. Además, para obtener los resultados en CO<sub>2e</sub> en el caso de metano, óxido nitroso y dióxido de carbono se hizo por medio de la ecuación (7).

### 3.2.1.3. Emisiones fugitivas y estacionarias

En el caso del edificio Pbro. Benjamín Núñez cuenta con un chiller que funciona con dos circuitos utilizados para climatización del edificio, extintores en todos los pisos y cuenta con la información pertinente del mantenimiento de los vehículos como la recarga del aire acondicionado.

- *Gases refrigerantes:*

Debido a esto se debe calcular las emisiones fugitivas de hidrofluorocarbonos (HFC) de la institución según la vida útil de cada equipo se utilizó la ecuación (8).

En el caso de que se hiciera una recarga del equipo, se tomó que el índice de emisión era del 100%, por ejemplo, para contabilizar las emisiones generadas del chiller se realizó de esta forma. Además, en el 2019 fueron retirados nueve aires acondicionados, los cuales contenían 95 libras de gas refrigerante, a pesar de que en el informe anual menciona que fueron recuperados por el personal técnico, no se menciona cual es la carga de cada equipo.

Debido a esto se calcularon las emisiones como si se hubieran emitido el total de las libras, utilizando un 100% en el índice de emisión anual. Los gases refrigerantes asociados a las emisiones de 2019 en cuanto a climatización fueron el R-22 y el R-410a. Asimismo, es importante mencionar que se recargó un sistema del chiller con 40 kg (90lb) de gas refrigerante R-410a en ese mismo año.

Con respecto a las refrigeradoras no todas incorporaban la cantidad de gas refrigerante por lo que se tomó el dato en donde se menciona que la cantidad máxima de carga del gas refrigerante siendo de 0,5 kg<sup>5</sup>.

Para un mejor control de los datos necesarios para realizar el cálculo de las emisiones de los gases refrigerantes recargados en los vehículos, se debe contar con el dato de tipo de refrigerante, cantidad recargada y fecha en que se hizo. En el caso del MTSS no se cuenta con esta información por lo que se procedió a buscar bibliografía sobre las fichas técnicas de los vehículos, con el fin de encontrar el tipo y carga del refrigerante. Sin embargo, como última opción y como parte de este año base del inventario se utilizó el valor de la carga que aparece en el Cuadro 7.9, Capítulo 7, Vol. 3, IPCC, 2006.

---

<sup>5</sup> IPCC (2006) en el Cuadro 7.9, Capítulo 7, Vol. 3



- *Extintores:*

La información se encuentra de forma parcial, se consideró que todos los equipos que tenían como su componente el CO<sub>2</sub> o el Halotron se recargaron en ese año con el fin de obtener datos sobre las emisiones a partir de los extintores.

Las estimaciones de emisiones de gases de efecto invernadero del edificio Pbro. Benjamín Núñez se hizo de acuerdo con el tipo de componente del equipo por ejemplo gas refrigerante R-600a que utilizan algunas refrigeradoras. En el inventario no solo se consideraron los datos del Instituto Meteorológico Nacional, sino que en algunos casos como el R22 y el HCFC-123 se buscó de otras fuentes como aparece en la hoja de los cálculos. En cuanto al mantenimiento de los extintores se realiza cada 2 meses y no todos los años se recargan todos los equipos. Sin embargo, el Departamento de Servicios Generales es el responsable de contar con este registro mediante contratación de mantenimiento preventivo y correctivo.

Con respecto a la climatización del edificio cuenta con un mantenimiento preventivo contractual vigente en la mayoría de los equipos, tres veces al año.

En cuanto al líquido refrigerante utilizado en los vehículos es R-134a, y en 2019 varios de los vehículos del edificio fueran recargados del refrigerante. Mencionado esto es bueno aclarar que no se cuenta con un registro de la cantidad de refrigerante de cada vehículo, por lo que se utiliza el valor mayor, el cual es de 1,5 kg<sup>6</sup>. Ver ecuación (10).

#### 3.2.1.4. Emisiones de electricidad:

El MTSS no se encarga de la generación de electricidad, de igual forma la utiliza, lo que genera emisiones competentes por lo que se deben contabilizar dichas emisiones de gases de efecto invernadero en el inventario. Para dicho cálculo se

---

<sup>6</sup> Cuadro 7.9 del Capítulo 7, Volumen 3 de la IPCC (2006)

utilizó la ecuación (11). Se tuvo que pedir suministros de consumo a la compañía distribuidora CNFL por medio de tarifas y reportes de los medidores eléctricos.

En el caso de generación de electricidad por parte de la organización, la norma INTE-ISO 14064-1:2006 no acepta la resta de emisiones derivadas de la venta de electricidad a la red. Se considera que ese efecto queda reflejado en una disminución de las necesidades energéticas de la organización o, en el caso de que la energía se venda a la red eléctrica, queda reflejado en el mix energético, y, por tanto, en el factor de emisión de la red.

#### 3.2.1.5. Emisiones de uso de lubricantes:

Según los datos brindados por la Unidad de Transporte del Departamento de Servicios Generales no se especifica el tipo de lubricante utilizado, sin embargo, si cuentan con un registro de las veces que se les hizo cambio de aceite a los vehículos y la fecha, además que indican que por cada cambio se va un total de un galón por vehículo si es de transmisión y si es del motor es un promedio de dos galones por vehículo. Mencionado esto, se considera que para un mejor registro se debe contemplar el tipo de lubricante utilizado. Para este cálculo se utilizó la ecuación (12).

#### 3.2.1.6. Emisiones de Aguas residuales:

Las aguas residuales del edificio son enviadas por medio de alcantarillado sanitario a la “Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Los Tajos”. Sin embargo, en dicha planta solo se realiza tratamiento primario, a pesar de esto en el edificio no se mide la DBO de salida de las aguas residuales, por lo que a pesar de la información brindada no fue posible utilizarla en los cálculos de las emisiones generadas y se hicieron por medio de una estimación. Además, el IMN no indica un factor de emisión específico a alcantarillado sanitario, por lo que se procedió a calcular siguiendo la ecuación (13).

Debido a que en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Los Tajos no cuenta con un tratamiento secundario y tiene un tratamiento primario con aireación, se decidió que el factor corrector para el metano (MCF) más acercado es el de Planta de Tratamiento centralizado aeróbico sobrecargado que tiene valor de 0.3. Dado que, al no contar con datos específicos de la PTAR, no se conoce realmente la operación de la planta. Además, la capacidad máxima de producción, en donde el valor para aguas domésticas es de 0.6 kg CH<sub>4</sub>/kg DBO<sup>7</sup>. Luego se procedió a calcular las emisiones de CO<sub>2</sub>e con la ecuación (14) estimando las emisiones en donde solo fue posible usar la cantidad de personas que trabajan en el edificio a pesar de que presta servicio al cliente, esto porque no existe un registro del ingreso de usuarios al edificio. Además, la carga orgánica fue obtenida partiendo que la jornada laboral es de 8 horas y 5 días semanales.

#### 3.2.1.7. Emisiones Residuos sólidos:

En el edificio de estudio del MTSS no se cuenta con un registro de la cantidad de residuos generados, se pudo obtener una estimación tomando en cuenta la cantidad de personas que trabajan en el edificio y por medio del promedio de generación de residuos sólidos otorgado por la Política Nacional de Gestión de Residuos Sólidos (PNGRS) 2010-2021, se determinaron las emisiones de dióxido de carbono equivalente de acuerdo con la ecuación (15).

Finalmente, una vez que se disponga del cálculo unitario de las emisiones de cada fuente en unidades de toneladas de CO<sub>2</sub>e, se sumarán todas las emisiones de la misma categoría (emisiones directas, emisiones indirectas por energía y otras emisiones indirectas).

---

<sup>7</sup> Cuadro 6.2 Capítulo 6, Volumen 5, IPCC (2006)

### **3.2.2. Análisis de las fuentes que aportan más GEI**

Al finalizar el estudio detallado de las emisiones descritas, el objeto fue identificar las fuentes críticas por cada área de estudio, para poder establecer las posibles medidas de reducción.

Seguidamente, al finalizar todos los cálculos de las emisiones de dióxido de carbono del edificio Pbro. Benjamín Núñez se elaboró una representación gráfica para demostrar los resultados de los alcances de los límites.

Esto representa un beneficio en cuanto a la toma de acciones de reducción de emisiones, ya que el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social tiene el control operacional de estas emisiones.

Posteriormente se elaboró una tabulación de datos cuantitativos mediante representaciones porcentuales de contribución de cada fuente, mostrando las más definidas y verificando en la norma Carbono Neutralidad INTE 12-01-06:2016 por alguna exclusión al no ser significativa.

### **3.2.3. Análisis de un plan de gestión de reducciones considerando posibles propuestas de proyectos**

Debido a la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero totales, se pretendió proponer proyectos de reducción a las fuentes críticas de mayor a menor contribución de CO<sub>2</sub>e con el fin de observar un decrecimiento de las emisiones generadas en el edificio Pbro. Benjamín Núñez.

Las propuestas fueron consideradas por cada fuente destacando proyectos justificados técnica y económicamente buscando un balance energético al edificio en estudio. Siguiendo en esta línea, los proyectos surgieron a raíz de un amplio análisis bien fundamentado en cada emisión descrita.

Se efectuó un estudio de cambio de refrigerante para poder disminuir la fuente más representativa del edificio en estudio del MTSS y garantizar después de la vida útil del equipo una compra sustentable que pueda utilizar un refrigerante con un menor PCG.

Se tuvo que valorar de una manera más puntual las emisiones eléctricas ya que en comparación a las otras propuestas (combustión móvil y residuos sólidos) dependen de un presupuesto administrativo con más impacto a nivel representativo, la iluminación por medio de suministro de equipos e instalaciones en búsqueda de una eficiencia energética con proyecto de cambio sectorial hacia una tecnología LED y control automatizado por sensores en los servicios sanitarios valoran medidas de reducción apropiadas y la obtención de beneficios en la disminución de consumos en la demanda de facturación eléctrica y mejoramiento de eficiencia energética en el edificio Pbro. Benjamín Núñez.

Primeramente, se elaboró el levantamiento por niveles de las actuales luminarias instaladas con un conteo general sectorial por Departamentos y además una recopilación de potencia de las luminarias instaladas en todo el edificio.

Posteriormente se ejecutó un diseño de rendimiento lumínico mediante el programa Dialux y una modulación con el diseño arquitectónico de cada nivel con el programa Auto CAD. Posterior se recomienda otra tecnología en búsqueda de la eficiencia energética y cumplimiento de normativas de iluminación.

Más adelante, el programa Dialux genera mediante un estudio de altura y área, las cantidades de luxes y las potencias de las luminarias se proponen como referencia.

Subsiguiente se hace un estudio económico y de huella de carbono para obtener una meta de reducción mediante un plan de gestión utilizando las ecuaciones (1) y (2) de carbono neutralidad y beneficios según el estudio de un balance de energía y el costo de electricidad en la tarifa eléctrica del edificio, generando

ahorros en las inversiones de las propuestas y de los proyectos a través del tiempo.

Finalmente se hacen propuestas de un bono de carbono y un sistema de almacenamiento de aguas pluviales para poder compensar monetariamente y garantizar un ahorro de caudal de agua mediante tareas no potables mejorando la eficiencia energética.

Las propuestas de generación fotovoltaica, estudio de cambio de tarifas y almacenamiento eléctrico por medio de baterías son imprescindibles de un amplio análisis fundamentado a partir del **Análisis de datos con modelos de estudio por perfil de carga eléctrica y las condiciones climatológicas** del presente marco metodológico y más detalladamente a partir del punto **4.2 Resultados del análisis de datos con modelos de estudio por perfil de carga eléctrica y las condiciones climatológicas** de los resultados, son más característicos para el cumplimiento de los objetivos específicos posteriores del presente proyecto y así disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y los importes por consumo de electricidad.

#### **3.2.4. Análisis de datos con modelos de estudio por perfil de carga eléctrica y las condiciones climatológicas**

Para dar cumplimiento al segundo objetivo específico del presente proyecto se emplearon modelos de regresión basado en el diseño y análisis de datos de perfiles de carga eléctrica y datos climatológicos.

Los consumos históricos acumulados se solicitaron a la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL) tomando los meses entre los años 2018 y 2019, los regresores serán buscados en la plataforma del programa de diseño fotovoltaico Aurora y datos del Instituto Meteorológico Nacional (IMN) referido la ubicación exacta del edificio Presbítero Benjamín Núñez, quedando expuesta por los

significativos cambios climáticos representados por cambios en la temperatura promedio y variaciones en los patrones de precipitación que acarrearán consigo impactos directos a la producción de recursos disponibles entre otros.

Para generar todos los modelos de regresión se trabajó con el programa Minitab y los resultados del programa se analizan por medio de gráficas de probabilidad normal, histograma, orden y valor ajustado contra residuos estandarizados de los modelos de primer y segundo orden con o sin interacción propuestos en el análisis de varianza.

El método de estudio se basa en el diseño y análisis de experimentos con ajustes de modelos de regresión generando modelos para hacer un análisis de muestras de datos.

Inicialmente como primer modelo se hace un análisis de segundo orden con la potencia como variable de respuesta y los datos recopilados anuales fueron el porcentaje de nubosidad, horas luz y la radiación global de la ubicación exacta del MTSS como regresores.

La energía es la segunda variable de respuesta analizada. Se llevó a cabo un modelo con la facturación mensual del año 2018 y los datos colectados por el IMN climatológicos fueron el promedio de lluvia, temperatura ambiente, horas luz y radiación global como las variables predictoras o regresores.

Los otros modelos de segundo orden con y sin interacción fueron evaluados, pero no se agregan por los resultados de  $R^2$  predicho nulos y los valores  $p$  mayores al nivel de significancia del 0.05.

Seguidamente obteniendo los resultados anteriores, se necesita más cantidad de datos para obtener óptimos resultados y evaluar la potencia en el análisis del edificio. El tercer modelo utilizado es ajuste de regresión con datos diarios, se analizan las 24 horas del día.

Con los datos del perfil de carga suministrados por la CNFL se quiere estimar la máxima potencia demandada a través del tiempo. Se generan un análisis mediante una gráfica de potencia contra la hora del día llevando a cabo un modelo con la facturación diaria y los datos colectados por el IMN climatológicos que afecten la posibilidad de instalación de un sistema de generación fotovoltaica.

Finalmente, con los datos del perfil de carga suministrados por la CNFL se quiere estimar la demanda máxima. Según la gráfica de potencia contra horas de los 29.5 días [21] se llevó a cabo un modelo de regresión con la facturación diaria y los datos colectados por el IMN climatológicos [22] que afecten la posibilidad de instalación de un sistema de generación y almacenamiento de energía eléctrica propuesto.

Con el cuarto modelo de datos se busca entender el comportamiento de la potencia en un día para analizar el horario de disminución de los arranques de intensidad de corriente por medio de almacenamiento de baterías o “*peak shaving*”. Según los resultados coinciden con la hora programada de encendido del chiller, manteniéndose hasta la hora de apagado del mismo.

Se hacen conclusiones en cada modelo descrito con el análisis de varianza concluyendo de acuerdo a los valores de  $p$  los datos del modelo con o sin interacción si son significativos en su totalidad para el nivel de significancia del 0.05, que fue el nivel de significancia aceptado.

Seguidamente se hace un análisis de la  $R^2$  midiendo la proporción de la variabilidad total explicada por cada modelo. La  $R^2$  ajustado como estadístico que está ajustado para el tamaño del modelo y del  $R^2$  predicha explicando el porcentaje de la variabilidad de los datos nuevos.



### **3.2.5. Cálculo, diseño y modulación del sistema de generación fotovoltaica y almacenamiento eléctrico del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social**

Para cumplimiento del tercer objetivo específico del presente proyecto se desarrolló un análisis del sistema de generación fotovoltaica y almacenamiento de energía eléctrica mediante fuentes de atenuación de radiación solar.

#### *3.2.5.1. Recurso Solar*

Primeramente, se hizo una búsqueda en Google Earth con la ubicación geográfica y de Recurso Solar en el edificio Pbro. Benjamín Núñez del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.

Los temas analizados fueron:

- El sol
- La radiación solar
- Factores que modifican la irradiancia solar
- Coordenadas solares
- Diagramas solares
- El concepto de hora solar pico
- Radiación solar en superficies inclinadas
- Mapas y bases de datos de radiación solar
- Dispositivos de medida de radiación

Con base a los temas analizados se efectúan los diagrama cilíndrico y estereográfico respectivamente mediante la página web del Laboratorio de Radiación Solar de la Universidad de Oregon [23], que se corresponde con la ubicación geográfica del edificio (latitud: 9.94 N, longitud: 84.08 O) utilizando como referencia el Norte para el ángulo acimut.

Para ello fue necesario suministrar la posición geográfica (latitud y longitud) y el huso horario del lugar del cual se quiere obtener el diagrama. Del mismo se analizan los meses del año según la trayectoria del diagrama que tiene una altura solar ("*Solar elevation*") según sus ángulos para obtener la energía solar por unidad de área (radiación) con ángulo óptimo ( $\text{MJ}/\text{m}^2/\text{mes}$ ) de la tabla de radiación global media del Instituto Meteorológico Nacional con valores corregidos y un promedio de hora solar pico (HSP) en la zona de estudio.

#### 3.2.5.2. *Generación Fotovoltaica*

En esta sección se determinó cómo se realizaron las conexiones entre módulos para cumplir con las especificaciones dadas. Es por esto que se analizaron los siguientes subtemas:

- Área aprovechable y cantidad de paneles.
- Configuración de paneles
- Variación de parámetros fotovoltaicos con la temperatura.
- Estimación de producción
- Diseño de instalación del proyecto propuesto

#### 3.2.5.3. *Área aprovechable y cantidad de paneles*

Como primer paso se identificó el lugar de instalación de los paneles fotovoltaicos en el edificio ubicado en la azotea y el parqueo institucional.

Más adelante identificado el lugar específico y el área aprovechable en la azotea y parqueo del edificio se analiza los medios de egreso y de mantenimiento del sistema rebajando un porcentaje considerable por la forma de las láminas de techos con la azotea, se genera poca sombra potencial y se identifica las dimensiones de los paneles con una dimensión apta para la superficie.

Finalmente se calcula el mayor número de paneles que se pueden instalar en el área de proyecto generando una capacidad teórica total del proyecto fotovoltaico de potencia eléctrica por la capacidad individual de los paneles mono cristalinos referenciados.

#### 3.2.5.4. *Configuración de los paneles:*

Dado que de momento no hay limitaciones de voltaje y corriente se pueden realizar una serie de combinaciones de cadenas en serie o paralelo con la cantidad de módulos correspondientes.

Cada modulación representa tensiones, intensidad de corriente y potencia el cual se debe calcular los valores de  $V_{oc}$ ,  $V_{mp}$ ,  $I_{sc}$ ,  $I_{mp}$  y  $P_{mp}$  para cada una de las configuraciones.

Seguidamente se determinaron los valores eléctricos y los resultados establecidos de las configuraciones para la escogencia de equipos. Recordando que la configuración en serie, mantiene la corriente constante y suma las tensiones. Mientras que la configuración en paralelo mantiene los voltajes constantes y suma las corrientes.

#### 3.2.5.5. *Parámetros fotovoltaicos con la Temperatura*

Originalmente de la hoja de datos de los paneles se obtiene el coeficiente de pérdida por temperatura en la potencia, voltaje y corriente. Además, en la ficha técnica del panel referenciado se obtiene la temperatura nominal de la celda. Con ello posteriormente se puede calcular con la temperatura mínima y máxima de la ubicación exacta del proyecto los diferentes coeficientes de variación de la potencia, tensión e intensidad con la temperatura.

Debe recordarse que cuando la temperatura de la celda aumenta, la tensión de salida tiende a disminuir, por lo que debemos hacer algunos cálculos para asegurarnos de que las características eléctricas sean adecuadas.

Subsiguientemente se analizaron los datos, parámetros eléctricos, campo fotovoltaico y coeficientes de las celdas con el tipo de inversor referenciado mediante factores como: tensión de entrada, tensión de seguimiento de potencia máxima, tensión de salida, corriente máxima, potencia nominal, eficiencia máxima, factor de potencia, elementos de seguridad y elementos adicionales.

El inversor y los módulos se escogieron en función de la energía requerida, los parámetros eléctricos analizados y calidad de equipos. Una vez que seleccionamos las referencias de estos componentes, estimamos la cantidad de energía que va a producir la instalación.

#### *3.2.5.6. Estimación de producción*

Se hizo un estimado de la energía que se va a obtener de la instalación propuesta con datos irradiancia, horas luz, HSP, factor de desempeño, pérdidas de potencia y la temperatura ambiente.

Para determinar la producción anual se calcula la energía producida para cada mes y se suman los resultados.

#### *3.2.5.7. Diseño de instalación de proyecto propuesto*

Anterior a este punto y con la estimación de producción de energía estimada ya se contaba con un área aprovechable para la cantidad y configuración de paneles para la generación de energía fotovoltaica.

Posteriormente de los inversores referenciados se calculó el cableado eléctrico en corriente alterna de los conductores del inversor y protecciones eléctricas

trifásicas según lo establecido en la tabla 310.16 de la NFPA 70, la cual en Costa Rica rige como Código Eléctrico Nacional.

Finalmente, establecido el diseño propuesto de canalización y cableado eléctrico de los puntos antes descritos, se actualiza el diagrama unifilar mediante el programa Auto CAD abordando flujos de trabajo específicos de sistemas de controles eléctricos.

- Software para cálculo de generación

Se utilizó el software Aurora el cual posee una base de datos de más de 10 años de registro que contempla las características anteriormente estudiadas de recurso solar, estructura de instalación y generación de energía a través del tiempo.

Seguidamente se utilizó otro software llamado Energy Toolbase que analiza el consumo de la planta que para este caso fue proporcionado gracias a las curvas de demanda del edificio central del MTSS.

A este software se ingresaron los datos de consumo y el tipo de tarifa, por lo que este nos despliega el consumo anual y cobro de la tarifa. Posterior se ingresan los datos de generación proporcionados por Aurora y por último ingresamos los datos de las baterías, el cual está presente en este software y es suministrado por Tesla, Inc. quien es el que ingresa los datos de funcionamiento.

Este Software es el que se utiliza para el dimensionamiento de toda la planta en total (consumo + paneles + baterías), en este caso se ingresaron los datos de consumo proporcionado por las curvas de demanda.

Posterior a esto se origina un despliegue anual de tarifa que coincide en gran manera con el recibo de CNFL, tanto en consumo de energía y demanda como del cobro por parte de la distribuidora.

Consecutivamente se ingresan los datos de generación que nos brinda el Software llamado Aurora. Con esto ya se tienen datos de consumo vs generación de los paneles.

En el siguiente paso se analizó el almacenamiento de energía eléctrica simulando mediante el software para tener claro la cantidad ideal de baterías y su funcionamiento de carga. El resultado de la simulación es para lograr el mayor ahorro posible. Además, se genera un documento de reporte de toda la planta donde se denotan los costos de la planta, datos de consumo, datos de baterías, donde todo esto da un ahorro y más aspectos importantes a observar.

- Modelación de diseño propuesto

Para la modelación del diseño propuesto se tomaron fotos y videos aéreos perimetrales al edificio Pbro. Benjamín Núñez por medio de un dron para mejorar el panorama de enfoque en el diseño de configuración de paneles en la azotea y el parqueo institucional.

Subsiguientemente se generaron videos de los diseños en los programas del proyecto de generación y la modelación de los paneles en la azotea y parqueo con las baterías en la entrada principal del edificio central del MTSS.

Finalmente, se hacen las consultas sobre inconvenientes del proyecto a la CNFL sobre la disponibilidad de potencia y capacidad del circuito. El diagrama unifilar se actualiza con las especificaciones técnicas planteadas del proyecto.

Paralelamente con el diseño se trabajó en una comparación de tarifas mediante un estudio por bloques de consumo explicado en la siguiente etapa **Estudio de esquema tarifario por bloques de consumo.**

### **3.2.6. Estudio de esquema tarifario por bloques de consumo.**

En primera instancia se estudia y busca información en la página de la CNFL sobre las definiciones y bloques de consumo de la tarifa eléctrica sujeta al MTSS llamada Tarifa General o Comercial (TG o T-CO).

Se analizan los bloques por consumo de energía y consumo de demanda con los costos correspondientes en el esquema tarifario de la Tarifa comercial y posteriormente los tributos e impuestos de Bomberos, alumbrado público e IVA.

Posteriormente, se analizó el consumo del Ministerio de Trabajo (MTSS) proporcionado gracias a las curvas de demanda y las curvas proporcionadas quinceminutales del 5 de junio hasta el 4 de julio del 2019, por lo que se obtuvo 29.5 días para ser exactos, y se hizo una proyección del consumo de energía y demanda para aplicar los costos anteriores y determinar el costo de la factura eléctrica. Con estas curvas se alcanza un promedio de consumo en energía y demanda y un cálculo rápido promedio del costo de la factura eléctrica generando una tabla resumen de la factura eléctrica.

Subsiguiente, se estudia y busca información en la página de la CNFL sobre las definiciones y bloques de consumo de la tarifa eléctrica llamada Tarifa Media Tensión (T-MT).

Se analizan los bloques por consumo de energía y consumo de demanda con los costos correspondientes en el esquema tarifario de la Tarifa media tensión y posteriormente los tributos e impuestos de Bomberos, alumbrado público e IVA.

Posteriormente, gracias a las curvas de demanda proporcionadas se definieron los consumos tanto de energía y demanda en los tres periodos (valle, punta y nocturno) generando un cálculo promedio de la tarifa con los costos correspondientes.

Finalmente, se hizo un esquema final tarifario del estudio que antecede y una comparación tarifaria para poder tomar decisiones fundamentadas y justificadas en la propuesta del diseño.

### **3.2.7. Análisis económico de los diseños propuestos.**

Para poder cumplir con el último objetivo del presente trabajo se tuvo que solicitar una cotización de los sistemas de generación fotovoltaica referenciados, cambio de tarifa eléctrica y almacenamiento de energía por medio del modelo propuesto y analizado previamente con sus respectivos desgloses.

Los equipos de los proyectos propuestos cuentan con una vida útil de aproximadamente 20 años el cual se toma el análisis con la adición tanto de los sistemas con la facturación actual comercial, como con el cambio a facturación de media tensión con ahorros significantes según la proyección presentada con anterioridad y de los sistemas fotovoltaicos con almacenamiento de energía, representando los ahorros totales cada año.

El análisis económico se analizó de manera fragmentada para poder generar una perspectiva por cada proyecto propuesto. Inicialmente se examinó individualmente cada flujo de efectivo para proyectar mediante facturas y valores generados en el documento en cálculos de las tablas y gráficas referenciadas por objetivos propuestos hasta el estudio de varios proyectos en utilización conjunta y determinar criterios y conclusiones justificadas presupuestariamente.

El flujo de efectivo con los ahorros se le reduce un 3% de aumento anual proyectado a través del tiempo reduciendo el mantenimiento de los equipos anualmente, recuperando en un tiempo mínimo la inversión de cada proyecto con un porcentaje aceptable y un VAN eficiente para lo esperado.



En el análisis se tomó en cuenta para una proyección general el cambio de tarifa para poder justificar de una mejor manera el alcance del estudio financiero mostrando ahorros mediante la generación de energía por los paneles, proyectos de cambio de tecnología LED, almacenamiento de energía eléctrica y reducción de demanda pico de las baterías Tesla Powerpack referenciadas.

Finalmente se desarrolló una viabilidad para ejemplificar los ahorros energéticos mediante gráficas y un estudio de factibilidad financiera en cada estudio propuesto del edificio central del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Resultados del cálculo de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

Primeramente, se enumeraron las fuentes de emisión GEI en el edificio Pbro. Benjamín Núñez separando el tipo de alcance descrito en la **Tabla 4** a partir de las operaciones propias del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.

Fuentes de emisión de GEI identificadas en el Edificio Benjamín Núñez					
Alcance	Actividad	Nivel	Fuente	Gas asociado	Equipos de Emisión
1	Generación de energía de Emergencia	Exterior	Diesel	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O	Planta generadora (Generac Protector Series)
	Refrigeración de alimentos y bebidas en el comedor y en cada sector	Todos	Refrigerantes	R-600a y R-134a	Refrigeradoras
	Acondicionamiento de la temperatura	1-7	Refrigerante	R-410a	Chiller y Mini split
	Protección ante incendios (extintores)	Todos	Agente Extintor	CO <sub>2</sub> y HCFC-123	Extintores
	Transporte de funcionarios	Externo	Diesel y Gasolina	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O	Vehículos (Emisión Móvil)
	Mantenimiento de Vehículos	Externo	Lubricantes y refrigerantes	R-134a	Aires acondicionados de los vehículos, motor de los vehículos
2	Consumo de electricidad para el desarrollo de sus actividades	Todos	Electricidad	CO <sub>2</sub>	Electrónicos y eléctricos
	Consumo de electricidad de los Vehículos eléctricos	Exterior	Electricidad	CO <sub>2</sub>	Vehículos eléctricos
3	Generación de aguas residuales principalmente por los servicios sanitarios	Todos	Aguas residuales ordinarias	CH <sub>4</sub>	Servicios sanitarios, lavatorios, pilas.
	Generación de residuos sólidos provenientes de sus actividades	Todos	Residuos sólidos	CH <sub>4</sub>	Contenedores de residuos

**Tabla 4. Fuentes de emisión de GEI en el edificio del MTS**

El siguiente paso es calcular en toneladas de dióxido de carbono equivalente las emisiones de gases de efecto invernadero a partir datos de la actividad que produce la emisión. Cada factor de emisión: combustión fija, combustión móvil, fugitiva y estacionaria (gases refrigerantes y extintores), electricidad, uso de lubricantes, aguas residuales y residuos sólidos de las fuentes fueron calculados y representadas en los **Apéndices del 1 al 8** de este trabajo respectivamente.

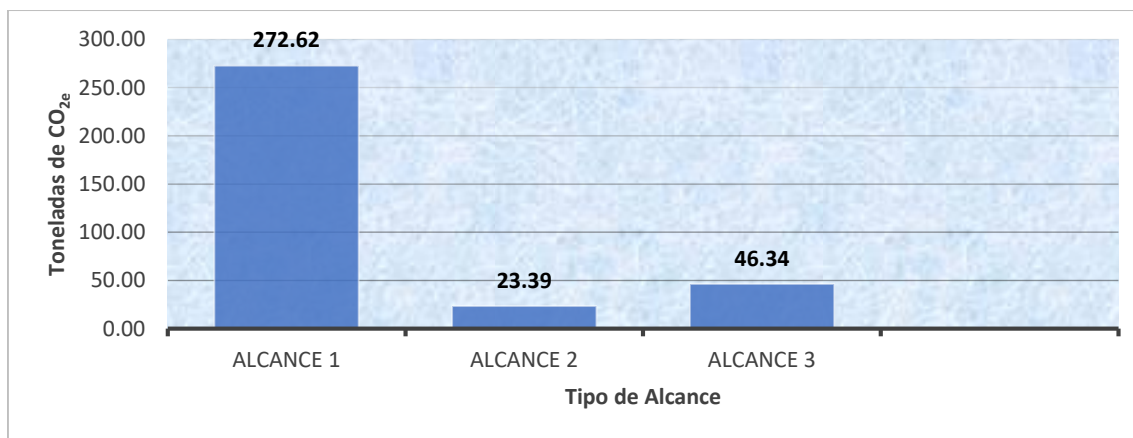
La **Tabla 5** muestra el resumen y totalidad de emisiones por toneladas de CO<sub>2</sub> anual en los tres alcances representados y separados por actividad y operaciones propias del MTSS.

Alcance	Fuente	Emisiones de kg CO <sub>2e</sub> /año	Emisiones de ton CO <sub>2e</sub> /año	Porcentaje	Emisiones por alcance ton CO <sub>2e</sub> /año	Comentarios
Alcance 1	Combustión móvil	113,331.053	113.331	33.10%	272.62	Fuente a considerar en reducciones
	Combustión fija	306.426	0.306	0.09%		Emisión baja
	Aires acondicionados	156,830.540	156.831	45.81%		Fuente a considerar en reducciones
	Refrigeradoras	46.133	0.046	0.013%		Emisión baja
	Extintores	1,846.152	1.846	0.54%		Emisión baja
	Lubricantes	260.648	0.261	0.08%	Emisión baja	
Alcance 2	Electricidad	23,387.740	23.388	6.83%	23.39	Fuente a considerar en reducciones
Alcance 3	Aguas Residuales	1,677.312	1.677	0.49%	46.34	Emisión baja
	Residuos sólidos	44,665.421	44.665	13.0%		Fuente a considerar en reducciones
<b>Total</b>		<b>342,351.43</b>	<b>342.35</b>	<b>100%</b>	<b>342.35</b>	

*Tabla 5. Resumen de cantidad de emisiones por alcance de toneladas de dióxido de carbono equivalente por año*

Al finalizar el estudio detallado de las emisiones descritas, el objeto fue identificar las fuentes críticas por cada área de estudio, para poder establecer las posibles medidas de reducción.

Seguidamente, al finalizar todos los cálculos de las emisiones de dióxido de carbono equivalente del edificio Pbro. Benjamín Núñez, se obtuvieron los resultados de los alcances de los límites. Resultando el Alcance 1 con un 79,63%, el Alcance 2 con un 6,83% y el Alcance 3 con un 13,54% en emisiones mostradas en la **Ilustración 6**.



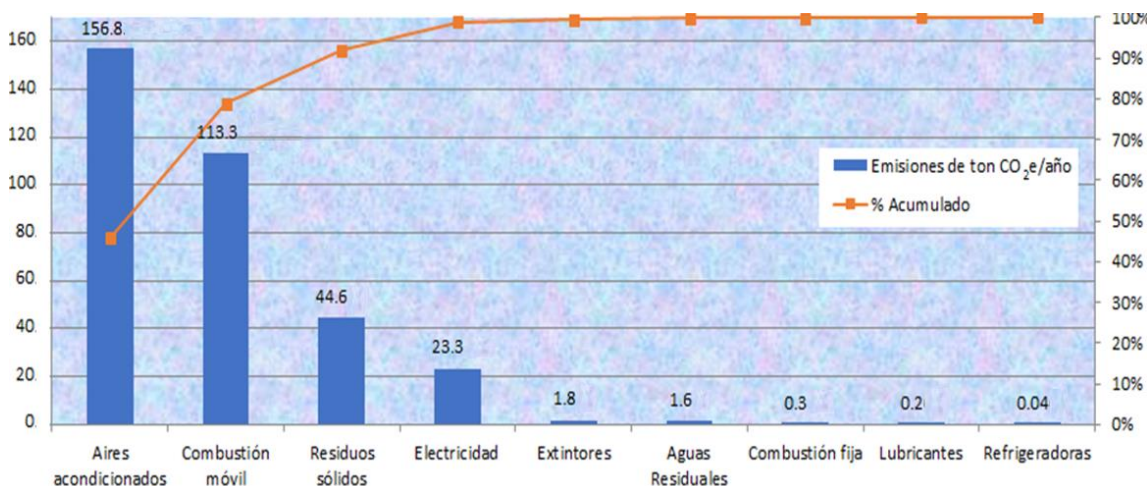
*Ilustración 6. Emisiones por Tonelada de CO<sub>2e</sub>/año por alcance*

Esto representa un beneficio en cuanto a la toma de acciones de reducción de emisiones, ya que el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social tiene el control operacional de estas emisiones.

Con respecto al Alcance 3 este ocupa el segundo lugar, sin embargo, fue realizado por medio de una estimación por lo que se incrementa el sesgo en cuanto a la realidad del edificio. Por consiguiente, el Alcance 2 ocupa el tercer lugar y muestra un aporte porcentual de 6.83% a las emisiones de GEI totales.

En la **Ilustración 7** se muestra la contribución de cada fuente en toneladas de CO<sub>2</sub> anual, en donde se puede observar en el porcentaje acumulado en un gráfico de Pareto, la fuente de los aires acondicionados, seguido de la combustión móvil, residuos sólidos y la electricidad son las predominantes, por lo tanto, se actuó en dichos ámbitos para lograr una disminución de las emisiones.

Por lo que es importante recalcar que la gran cantidad de emisiones generadas por los aires acondicionados se originó por retirar 9 equipos que incorporaban una carga de aproximadamente 43 kg (95 libras) en el año 2019 y se le realizó una recarga de gas refrigerante R-410a en uno de los dos sistemas del chiller.



**Ilustración 7. Diagrama Pareto sobre contribución de emisiones de Toneladas de CO<sub>2</sub>e anual por cada fuente del edificio Presbítero Benjamín Núñez**

De esta manera, se determinó que, aunque las emisiones de GEI de los residuos sólidos son la tercera fuente crítica, se debe medir la cantidad de residuos propios del edificio con el fin de obtener una mayor confianza de los resultados. Por otra parte, las emisiones de combustión fija, refrigeradoras, extintores, lubricantes y

aguas residuales representan individualmente y en sumatoria menos de un 3% se excluyen a las posibles propuestas de proyectos analizadas.

Consecutivamente se proponen una serie de proyectos de reducción a las fuentes críticas de mayor a menor contribución de CO<sub>2</sub>e significativas de las emisiones generadas en el edificio en estudio.

#### 4.1.1 Propuesta aire acondicionado

La fuente crítica principal son los aires acondicionados (156.83 toneladas de CO<sub>2</sub>e al año). En esta propuesta no es factible un cambio o reemplazo de los equipos, esto por la reciente compra e instalación del chiller en el año 2012 y que además es un sistema altamente eficiente que se mejoró con la instalación de canalización de ductería tipo P3 y mejoramiento de la climatización con diseños según el área de oficinas y constante mantenimiento correctivo y preventivo del sistema en una contratación administrativa vigente.

El gas refrigerante que utiliza (R-410a) tiene un potencial de calentamiento global alto. Por lo que se recomendó se priorice por una alternativa con bajo potencial global el gas natural R290 y un equipo adaptado para poder trabajar agua helada con propano, cuando el sistema actual cumpla la vida útil de operación efectiva.

Por las características de éste refrigerante y su aplicación (aire acondicionado), ha sido difícil sustituirlo por otro refrigerante sintético, ya que cuando se habla de refrigerantes, también se tiene que hablar de compresores y todos los componentes que interfieren en el proceso de refrigeración. El R410a, posee condiciones de presión extrema, sin embargo, las temperaturas de evaporación y condensación, son las aptas para la aplicación. No es posible reemplazar este refrigerante directamente en equipos que lo utilizan, por tanto, la única razón para desechar estos equipos, es que hayan cumplido con la vida útil, la cual en un equipo como el chiller del MTSS, se puede extender de 20 a 25 años

dependiendo de las condiciones de operación y el mantenimiento al que se someta.

En la **Tabla 6**, se pueden interpretar los valores de eficiencia del R290 en comparación con el R410 (designado como el sustituto transitorio para el R22), en donde se ve claramente que con una cantidad menor de Propano, se puede hacer todo el trabajo del R22. Al ser menor la cantidad de refrigerante y las presiones más bajas, hay menos demanda mecánica y, por tanto, ahorro en consumo energético.

Refrigerant	R 290	R 600a	R 134a	R 404A	R 22	R 12
Name	Propane	Isobutane	1,1,1,2-Tetra-flouroethane	Mixture R125 R143a R134a	Chloro-difluoro-methane	Dichloro-difluoro-methane
Formula	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	CH-(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	CF <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> F	44/52/4	CHF <sub>2</sub> Cl	CF <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>
Critical temperature in °C	96.7	135	101	72.5	96.1	112
Molecular weight in kg/kmol	44.1	58.1	102	97.6	86.5	120.9
Normal boiling point in °C	-42.1	-11.6	-26.5	-45.8	-40.8	-29.8
Pressure (absolute) at -25 °C in bar	2.03	0.58	1.07	2.50	2.01	1.24
Liquid density at -25 °C in kg/l	0.56	0.6	1.37	1.24	1.36	1.47
Vapour density at to -25/+32 °C in kg/m <sup>3</sup>	3.6	1.3	4.4	10.0	7.0	6.0
Volumetric capacity at -25/45/32 °C in kJ/m <sup>3</sup>	1164	373	725	1334	1244	727
Enthalpy of vaporisation at -25 °C in kJ/kg	406	376	216	186	223	163
Pressure (absolute) at +20 °C in bar	8.4	3	5.7	11.0	9.1	5.7

**Tabla 6. Tabla comparativa de valores de eficiencia de los refrigerantes**

En la línea “*Liquid Density*” se puede observar que el Propano maneja una densidad de líquido menor (0.56) que la del R22 (1.36), sin embargo, a la hora de mover calor, en la línea “*Enthalpy of Vaporisation*”, vemos que el índice de transporte de energía es muy superior (406 contra 223 del R22). En otras palabras, con mucho menor líquido Refrigerante, podemos mover grandes cantidades de energía con poco consumo de energía.

Sin embargo, el R290 está en la clasificación de refrigerantes inflamables por lo que requiere manejo cuidadoso, lo que también repercute en la instalación pues está regido por algunas reglas de seguridad, de la misma forma, el personal técnico debe tener conocimientos previos para el manejo de este refrigerante. Esto también hace que los equipos que utilizan este refrigerante natural, cuenten con dispositivos de seguridad adecuados lo que algunas veces eleva la inversión inicial.

En la **Tabla 7** se demuestra el porcentaje de disminución de emisiones con una propuesta de cambio con un escenario igual al del año base de este inventario, incorporando los datos de una recarga de uno de los sistemas del chiller de 40 kg (90 libras) de refrigeración y una emisión fugitiva del otro sistema, solo que se hizo el cálculo de las emisiones con refrigerante R290 en vez del actual.

Alcance	Fuente	Emisiones de kg CO <sub>2e</sub> /año	Emisiones de ton CO <sub>2e</sub> /año	Porcentaje	Emisiones por alcance ton CO <sub>2e</sub> /año	Comentarios
Alcance 1	Aires acondicionados	79,501.719	79.502	30.00%	195.29	Fuente a considerar en reducciones
	Refrigeradoras	46.133	0.046	0.017%		Emisión baja
<b>Total</b>		<b>265,022.61</b>	<b>265.02</b>	<b>100%</b>	<b>265.02</b>	

*Tabla 7. Resultados de reducción de emisiones con cambio de refrigerante R290 en Alcance 1*

Logrando un decremento en el resultado de 15.81% de las emisiones generadas por los sistemas de climatización del edificio representadas en la **Tabla 5** previamente, a nivel de todo el inventario se percibiría una reducción de emisiones totales de 77.33 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente anual con respecto a la propuesta de cambio de refrigerante R410a. Representando una excelente medida a considerar a largo plazo por la vida útil del equipo chiller actual.

#### 4.1.2 Propuesta combustión móvil

La segunda fuente crítica calculada con 113.33 toneladas de CO<sub>2e</sub> al año son las emisiones de combustión móvil. En cuanto a lo explicado en las limitaciones de este documento es difícil que se pueda cambiar parte de la flota vehicular para

que sean más vehículos eléctricos que de combustión, con el fin de disminuir las emisiones de dióxido de carbono equivalente y gasto por compra de combustible.

Se recomienda la utilización de los automóviles eléctricos e híbridos en las giras o inspecciones o supervisiones varias en el GAM para disminuir las emisiones de combustión móvil a la Unidad de Transportes del MTSS.

Del **Apéndice 2** se hizo un estudio de la cantidad de litros conducidos por combustible demostrado en la **Tabla 8** con los precios promedios de los tipos de combustible del año límite en el **ANEXO 3. Precio de combustibles promedio del año 2019.**

Consumo de litros promedio anual de todos los vehículos			
Tipo de combustible	Consumo (L/anual)	Precio promedio 2019	Costo anual
Gasolina	27320.843	₡ 621.48	₡ 16 979,357.60
Diésel	18567.360	₡ 508.08	₡ 9 433 704.20
		Total:	₡ <b>26 413 061.79</b>

*Tabla 8. Estudio de consumo de litros del año 2019 por combustible*

Posteriormente se hace un estudio de consumo eléctrico con la demanda de los vehículos eléctricos, en temas de carga de sus baterías se consultó mediante el manual de los vehículos que posee el MTSS, marca Mitsubishi i-Miev, se encuentra una demanda de 2.3 kW para la carga del vehículo. La cantidad de energía requerida, dependerá del periodo de tiempo y porcentaje de carga que requiera el automóvil.

Rango de carga [%]	Tiempo [min]	Tiempo acumulado [h:min]	Energía [kWh]	Energía acumulada [kWh]	Cargo por energía
0	10	46	00:46	1.76	\$ 0.38
10	20	46	01:32	1.76	\$ 0.75
20	30	46	02:18	1.76	\$ 1.13
30	40	46	03:04	1.76	\$ 1.51
40	50	46	03:50	1.76	\$ 1.88



50	60	46	04:36	1.76	10.58	\$ 2.26
60	70	46	05:22	1.76	12.34	\$ 2.64
70	80	46	06:08	1.76	14.11	\$ 3.02
80	90	46	06:54	1.76	15.87	\$ 3.39
90	100	46	07:40	1.76	17.63	\$ 3.77

*Tabla 9. Resumen de porcentaje de carga de vehículos eléctricos*

Los cargos por energía se toman haciendo uso de las tarifas de la CNFL, disponibles en el histórico tarifario del año 2019 de la **Tabla 10** y el tipo de cambio acorde al Banco Central de Costa Rica, a la fecha de consulta el 7 de abril del presente año con un tipo de cambio de ₡614.27.

MES	CONSUMO AÑO 2019 (kWh)	MONTO TOTAL DE TARIFAS CNFL 2019	MONTO USD TOTAL DE TARIFAS CNFL 2019	COSTO ENERGIA	COSTO USD ENERGIA
ENERO	44960	₡ 6 573 415.00	\$ 10 701.18	₡ 146.21	\$ 0.24
FEBRERO	48640	₡ 6 000 345.00	\$ 9 768.25	₡ 123.36	\$ 0.20
MARZO	52320	₡ 6 556 655.00	\$ 10 673.90	₡ 125.32	\$ 0.20
ABRIL	54080	₡ 6 090 765.00	\$ 9 915.45	₡ 112.63	\$ 0.18
MAYO	51680	₡ 6 810 885.00	\$ 11 087.77	₡ 131.79	\$ 0.21
JUNIO	57440	₡ 7 327 635.00	\$ 11 929.01	₡ 127.57	\$ 0.21
JULIO	55520	₡ 7 536 680.00	\$ 12 269.33	₡ 135.75	\$ 0.22
AGOSTO	54560	₡ 7 235 660.00	\$ 11 779.28	₡ 132.62	\$ 0.22
SEPTIEMBRE	53120	₡ 7 232 025.00	\$ 11 773.37	₡ 136.15	\$ 0.22
OCTUBRE	54880	₡ 7 339 760.00	\$ 11 948.75	₡ 133.74	\$ 0.22
NOVIEMBRE	53920	₡ 7 544 470.00	\$ 12 282.01	₡ 139.92	\$ 0.23
DICIEMBRE	57280	₡ 7 568 235.00	\$ 12 320.70	₡ 132.13	\$ 0.22
<b>TOTAL</b>	<b>638400</b>	<b>₡ 83 816 530.00</b>	<b>\$ 136 449.00</b>		
<b>PROMEDIO</b>	<b>53200</b>	<b>₡ 6 984 710.83</b>	<b>\$ 11 370.75</b>	₡ 131.29	\$ 0.21

*Tabla 10. Estudio de costo de energía en el año 2019*

Se diseñó un perfil del consumo de energía de los vehículos eléctricos, corresponde a un estudio independiente donde se requiere determinar la cantidad de vehículos utilizados cada día, los horarios de uso, el porcentaje de carga con el que salen y regresan del plantel por giras, entre otras variables. Sin embargo, se conoce que aproximadamente se utilizan de 2 a 3 vehículos diarios, por lo que se estima de manera conservadora el consumo de energía para

dimensionar posteriormente el sistema de generación fotovoltaica. Para el perfil de consumo se considera:

1. Uso de cuatro (4) vehículos durante un (1) día a la semana.
2. Uso de tres (3) vehículos durante los otros cuatro (4) días a la semana.
3. No se utilizan vehículos durante días sábado ni domingo.
4. Porcentaje de energía diaria consumida del 75% por vehículo.
5. Rotación de los vehículos.

Lo anterior se puede resumir en la siguiente tabla:

Consumo de energía diario por vehículo (kWh)							
Vehículo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
<b>A</b>	13.23	-	13.23	13.23	13.23	-	-
<b>B</b>	13.23	13.23	-	13.23	13.23	-	-
<b>C</b>	13.23	13.23	13.23	-	13.23	-	-
<b>D</b>	13.23	13.23	13.23	13.23	-	-	-

**Tabla 11. Modelado de consumo de energía en energía de batería**

Demanda de energía (kWh) y costo de recarga (\$)							
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
<b>Energía</b>	52.90	39.68	39.68	39.68	39.68	-	-
<b>Costo</b>	\$ 11.31	\$ 8.48	\$ 8.48	\$ 8.48	\$ 8.48	\$-	\$-

**Tabla 12. Modelado de consumo de energía y costo de recarga por semana**

En la **Tabla 12** se puede obtener el consumo de energía propuesto diario y en la **Tabla 13** un parámetro semanal, mensual y anual para poder hacer una comparación con el monto total de consumo de combustible entre gasolina y diésel de ₡ 26 413 061.79 evaluado previamente en la **Tabla 8**, con el perfil de consumo de vehículos eléctricos de uso en la GAM con la autonomía de únicamente 160km por carga de consumo proyectado de ₡ 1 333 457.32 (\$ 2 170.8) anual.

Periodo	Semana	Mes	Año
Demanda de energía (kWh)	211.60	846.40	10 156.80
Costo de recarga (USD)	\$ 45.23	\$ 180.90	\$ 2 170.8

**Tabla 13. Demanda anual de energía y costo anual de recarga de los carros eléctricos**

Se puede reducir como propuesta un 25% de utilización de los carros de combustión en visitas e inspecciones en la GAM, proyectando un ahorro de 28.33 toneladas de CO<sub>2e</sub> anual según los datos de la **Tabla 14** en comparación con el resumen de emisiones de la **Tabla 5** calculado previamente con un total de emisiones por alcance de 342.35 toneladas de CO<sub>2e</sub> anual.

Alcance	Fuente	Emisiones de kg CO <sub>2eq</sub> /año	Emisiones de ton CO <sub>2eq</sub> /año	Porcentaje	Emisiones por alcance ton CO <sub>2eq</sub> /año	Comentarios
Alcance 1	Combustión móvil	84,998.290	84.998	27.07%	244.29	Fuente a considerar en reducciones
<b>Total</b>	-	<b>314,018.66</b>	<b>314.02</b>	<b>100%</b>	<b>314.02</b>	-

**Tabla 14. Resultados de reducción de emisiones por reducir un 25% el consumo de combustible en Alcance 1**

La propuesta continúa buscando implementar una generación fotovoltaica en el parqueo institucional para recargar los cuatro carros eléctricos de cero emisiones. Se explicará detalladamente con el cumplimiento del tercer objetivo del presente trabajo.

#### 4.1.3 Propuesta residuos sólidos

Con respecto a la generación de residuos (44.66 toneladas de CO<sub>2e</sub> al año) es indispensable desarrollar programas enfocados en la reducción de papel, capacitación de las y los funcionarios y declarar a la organización libre de plástico de un solo uso. Además de procurar una adecuada separación de los residuos sólidos valorizables y hasta implementar un sistema de compostaje para disminuir los residuos ordinarios destinados al relleno sanitario.

#### 4.1.4 Propuesta electricidad

Con respecto a esta fuente indirecta (23.38 toneladas de CO<sub>2e</sub> al año) si es importante la cantidad de proyectos para implementar y poder ejecutar mediante el presupuesto del programa 72 900 denominado “Actividades Centrales”.

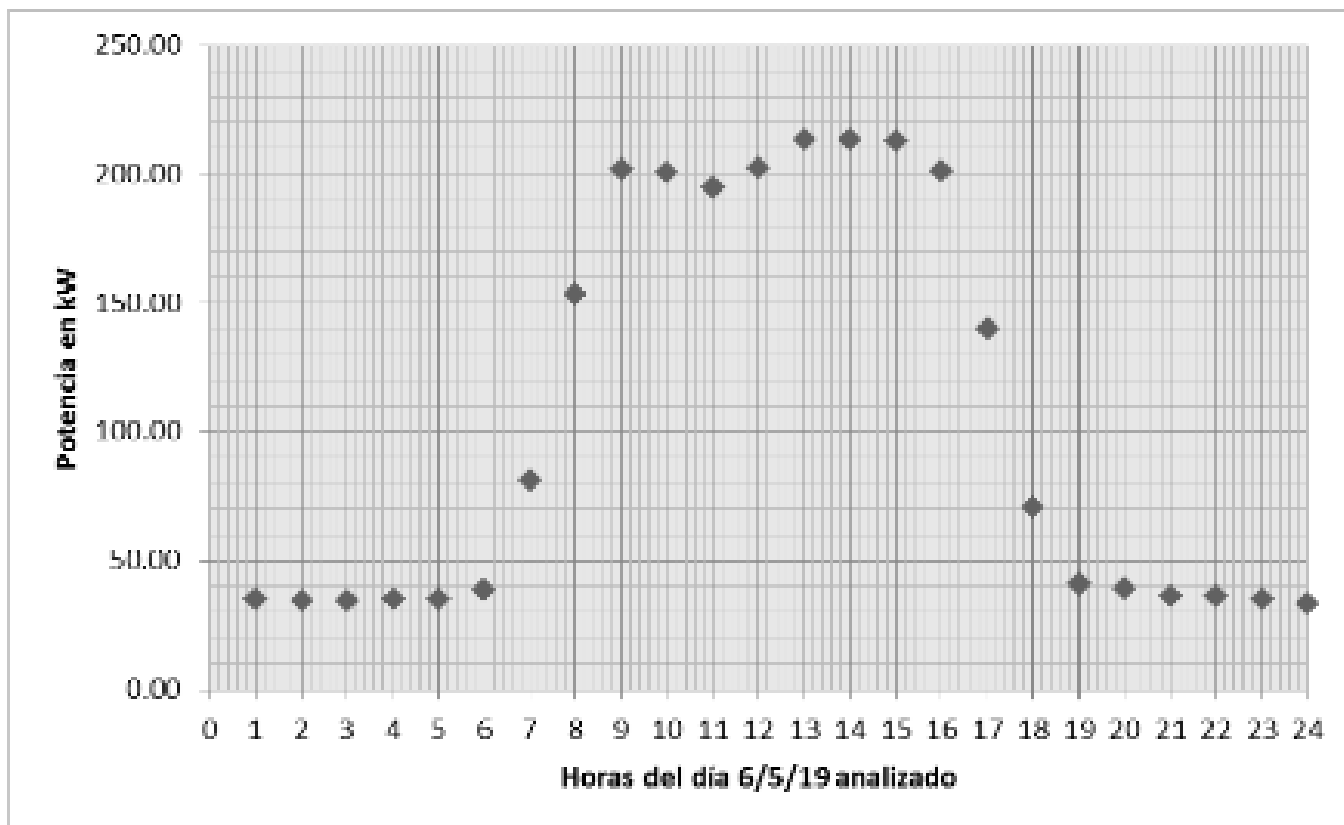
A continuación, se presentan las propuestas de proyectos para mejorar la eficiencia energética y la huella de carbono del edificio Presbítero Benjamín Núñez del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social:

##### *4.1.4.1 Cambio de tecnología de iluminación por niveles en el edificio Pbro. Benjamín Núñez*

Este proyecto es una propuesta de cambio total de las luminarias actuales instaladas. La proyección es hacer un cambio por niveles según la demanda de recursos. Primeramente, se presentan los diseños actuales de los niveles del edificio Pbro. Benjamín Núñez y sobre el mismo se genera la propuesta de mejora según consumo de luminarias actuales en facturación.

Para iniciar con el cálculo de la evaluación económica del primer proyecto, las luminarias instaladas actuales se basaron en la auditoría efectuada en el año 2018 (ver **ANEXO 2. Auditoría luminarias instaladas en el MTSS del año 2018**) se respetan las cantidades, tipos de luminarias con marcas de referencia, redimiendo lumínico, cantidad de lúmenes y potencia eléctrica de la instalación.

Posteriormente se hizo un análisis al perfil de carga del edificio para poder generar las deducciones de los horarios por demanda del edificio mediante la **Ilustración 8.**



*Ilustración 8. Análisis de potencia en kW de iluminación del perfil de carga del día 6/5/19 por horas*

En la gráfica de análisis de demanda máxima se muestra la potencia promedio de un día (6 de mayo del 2019) como ejemplo para poder establecer etapas de demanda de iluminación del edificio Pbro. Benjamín Núñez durante 21 días hábiles con los siguientes factores:

- La demanda máxima (100%) de iluminación promedio de la potencia total del edificio de 205 kW es durante 8 horas, entre las 9am y las 4pm.
- La demanda media (50%) de iluminación promedio de la potencia total del edificio de 110 kW es durante 4 horas, entre los lapsos de 7am hasta las 9am de la mañana y desde las 5pm hasta las 7pm de la noche.

- La demanda mínima (10%) de iluminación promedio del edificio de 37 kW es durante 12 horas, entre la 1am hasta las 7am de la mañana y desde 7pm hasta las 12 de la noche.

El análisis de base instalada con un total de 83.47 kW existentes en la auditoría efectuada del edificio, se desarrolló una comparación con las luminarias de tecnología LED, con los factores propuestos de consumo porcentual diario, se proyecta un total de 934.86 kWh en los días hábiles generando una diferencia de 527.72 kWh con el estudio de cambio de luminarias LED propuesta con 407.14 kWh de consumo diario los días laborales.

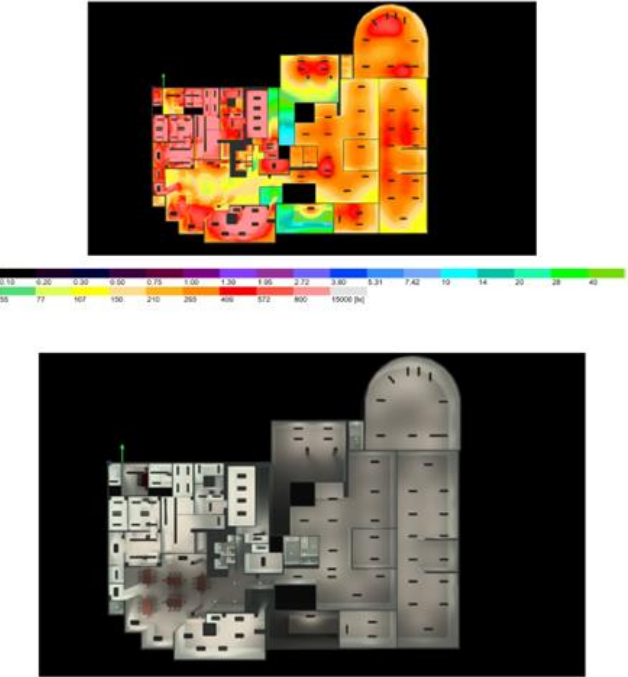
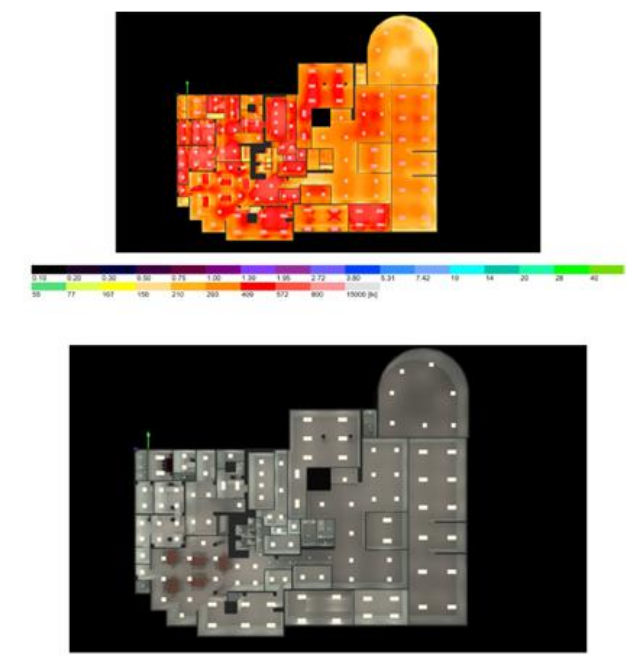
En los días no hábiles se estima un consumo diario de 200.33 kWh generando una diferencia de 113.08 kWh con el estudio de luminarias LED propuesta con 87.24 kWh de consumo durante los fines de semana.

Se estima un ahorro de \$33 192.58 dividiendo un 5% en ahorro en mantenimiento y repuestos como se muestra en el estudio de evaluación económica y huella de carbono del **APÉNDICE 9. Estudio de evaluación económica y huella de carbono del cambio sectorial por niveles de iluminación.** Se hace con un funcionamiento de demanda de 8 horas al 100%, 4 horas al 50% y 12 horas al 10% diarias durante 21 días hábiles mensuales y con 9 días no hábiles al 10% de consumo de iluminación total (durante los fines de semana) con un costo de kWh de \$ 0.21.

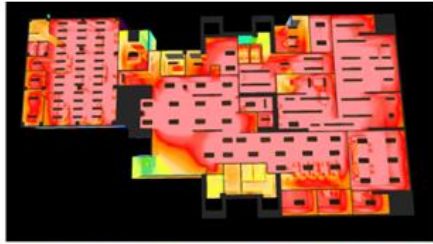

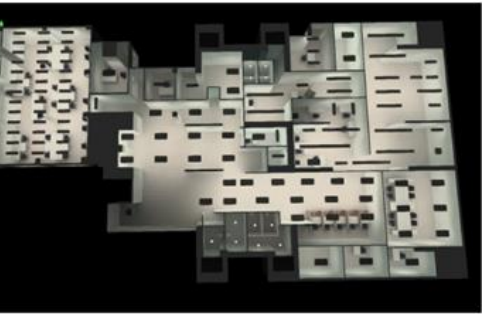





La inversión se contempla en el **ANEXO 5. Tabla de costo de la propuesta de cambio de luminarias por niveles** como una tabla de cotización de referencia con un costo aproximado de ₡ 108 536 500 (\$ 176 691.85) generando un ROI de 5.3 años según el ahorro total de ₡ 20 389 206.12 (\$ 33 192.58).

Posteriormente se da la referencia del programa Dialux de la propuesta del cambio de iluminación tipo LED en los niveles del edificio Pbro. Benjamín Núñez. Ver documentación técnica en **ANEXO 4. Referencia de fichas técnicas luminarias propuestas en los niveles.**

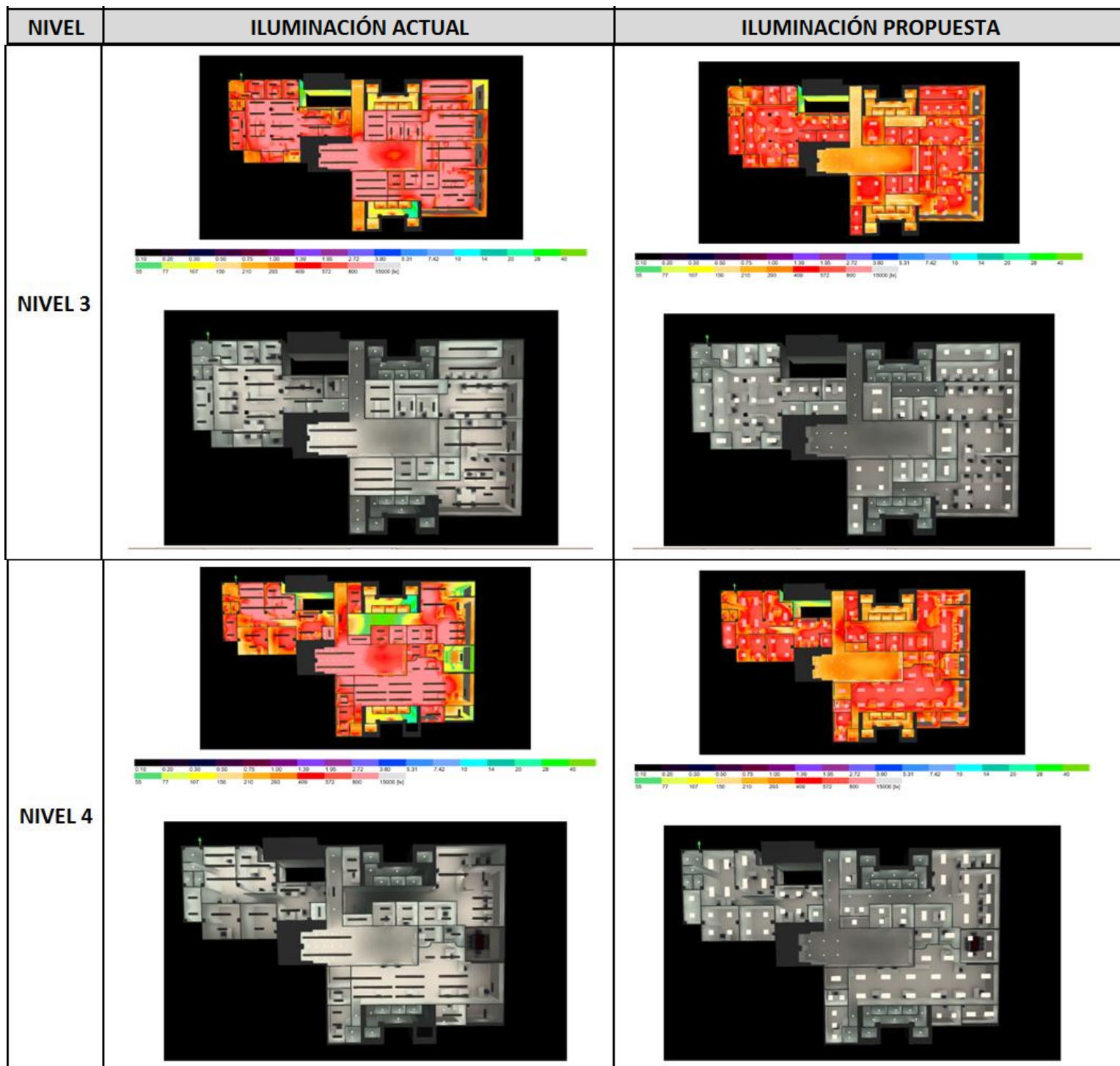
Seguidamente en la **Ilustración 9** se ilustran todos los diseños recomendados de las instalaciones cumpliendo con las normativas, especificaciones ideales de cumplimiento con los niveles de iluminación en los lugares de trabajo interiores<sup>8</sup> por cada nivel del edificio Pbro. Benjamín Núñez.





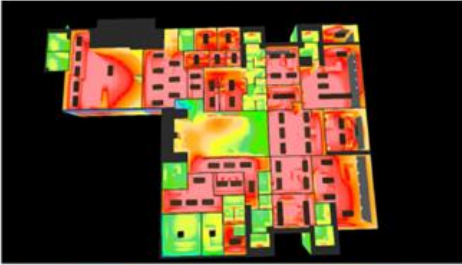
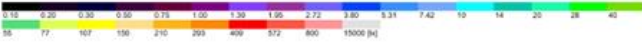

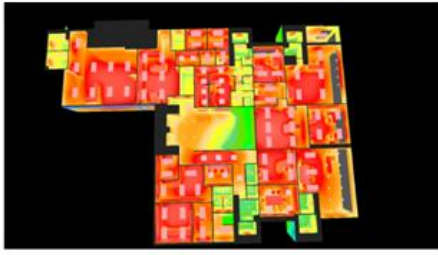


NIVEL	ILUMINACIÓN ACTUAL	ILUMINACIÓN PROPUESTA
SOTANO		

<sup>8</sup> INTE ISO 8995-1-2016

NIVEL	ILUMINACIÓN ACTUAL	ILUMINACIÓN PROPUESTA
NIVEL 1	 	 
NIVEL 2	 	 





NIVEL	ILUMINACIÓN ACTUAL	ILUMINACIÓN PROPUESTA
NIVEL 5	 	 
NIVEL 6	  	  

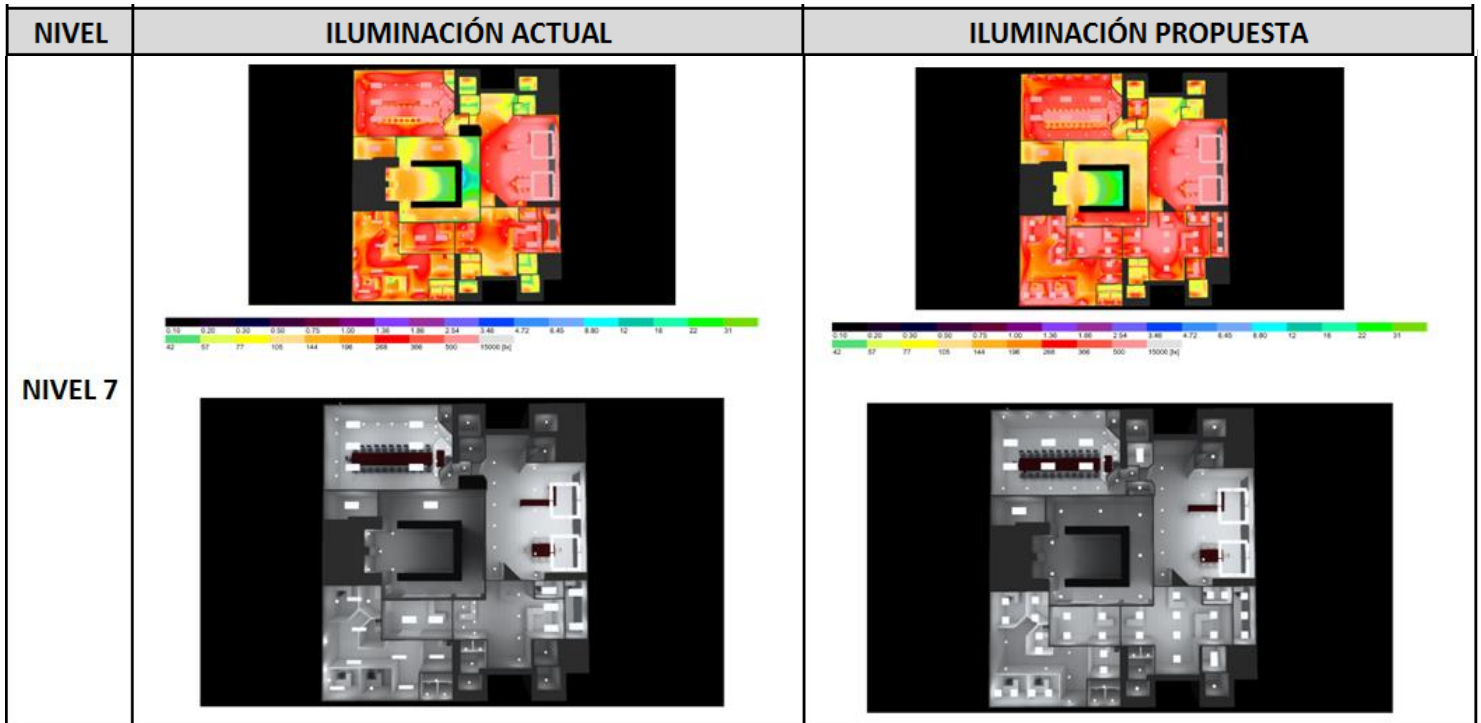
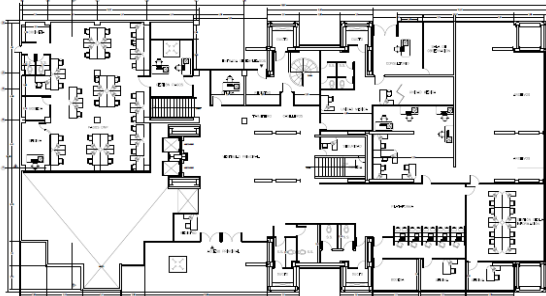
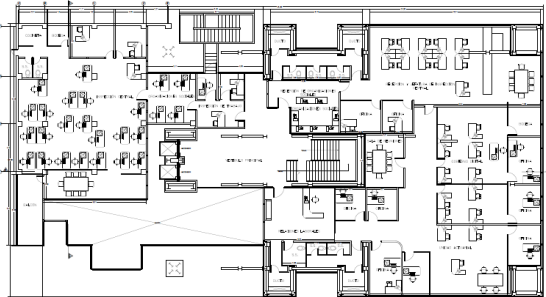
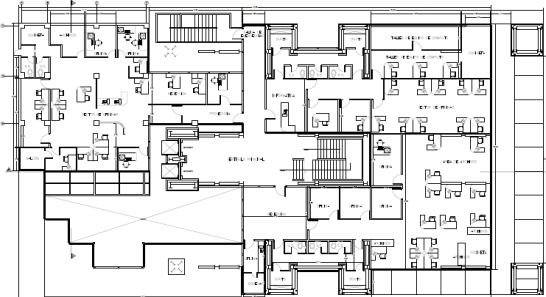
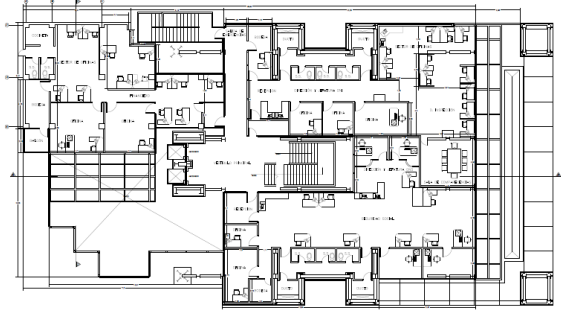
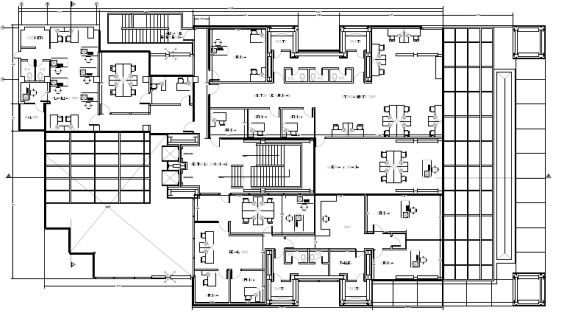
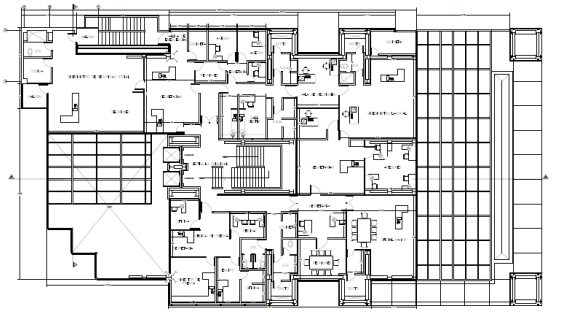


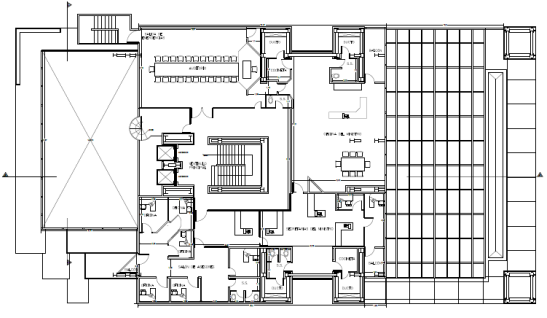
Ilustración 9. Diseño de iluminación actual y propuesta con referencia de tecnología LED del edificio Pbro. Benjamín Núñez. Programa Dialux

En la Ilustración 10 el diseño en AutoCAD del plano arquitectónico actualizado de todos los niveles del edificio Pbro. Benjamín Núñez y la recomendación de las luminarias con sus referencias y demanda máxima por instalar.

NIVEL	DISEÑO AUTOCAD	LISTA DE LUMINARIAS Y POTENCIA PROPUESTA																												
SOTANO		<p><b>Lista de luminarias</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Unl.</th> <th>Fabricante</th> <th>Nº de artículo</th> <th>Nombre del artículo</th> <th>P</th> <th>Φ</th> <th>Rendimiento lumínico</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>75</td> <td>FEILO</td> <td>UL PANEL LED 2x2 40W 4000K 4000lm</td> <td>De Empotrar/ Iluminacion General</td> <td>39.9 W</td> <td>4099 lm</td> <td>102.7 lm/W</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>FEILO</td> <td>UL PANEL LED 2x4 50W 6000K 5000lm</td> <td>De Empotrar/ Iluminacion General</td> <td>47.8 W</td> <td>5019 lm</td> <td>105.0 lm/W</td> </tr> <tr> <td>27</td> <td>SYLVANIA</td> <td>INTERIOR P24338 LED PANEL RD EMP 18W 6.5K</td> <td></td> <td>17.4 W</td> <td>1171 lm</td> <td>67.3 lm/W</td> </tr> </tbody> </table>	Unl.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico	75	FEILO	UL PANEL LED 2x2 40W 4000K 4000lm	De Empotrar/ Iluminacion General	39.9 W	4099 lm	102.7 lm/W	40	FEILO	UL PANEL LED 2x4 50W 6000K 5000lm	De Empotrar/ Iluminacion General	47.8 W	5019 lm	105.0 lm/W	27	SYLVANIA	INTERIOR P24338 LED PANEL RD EMP 18W 6.5K		17.4 W	1171 lm	67.3 lm/W
Unl.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico																								
75	FEILO	UL PANEL LED 2x2 40W 4000K 4000lm	De Empotrar/ Iluminacion General	39.9 W	4099 lm	102.7 lm/W																								
40	FEILO	UL PANEL LED 2x4 50W 6000K 5000lm	De Empotrar/ Iluminacion General	47.8 W	5019 lm	105.0 lm/W																								
27	SYLVANIA	INTERIOR P24338 LED PANEL RD EMP 18W 6.5K		17.4 W	1171 lm	67.3 lm/W																								

NIVEL	DISEÑO AUTOCAD	LISTA DE LUMINARIAS Y POTENCIA PROPUESTA																																										
NIVEL 1	 <p style="text-align: center; font-size: small;">PLANTA DE DISTRIBUCIÓN ARQUITECTÓNICA, NIVEL 1</p>	<p><b>Lista de luminarias</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Φ<sub>total</sub></th> <th style="width: 15%;">P<sub>total</sub></th> <th style="width: 15%;">Rendimiento lumínico</th> <th colspan="4"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>454726 lm</td> <td>4555.0 W</td> <td>99.8 lm/W</td> <td colspan="4"></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">Unl.</th> <th style="width: 10%;">Fabricante</th> <th style="width: 15%;">N° de artículo</th> <th style="width: 40%;">Nombre del artículo</th> <th style="width: 10%;">P</th> <th style="width: 10%;">Φ</th> <th style="width: 10%;">Rendimiento lumínico</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>50</td> <td>FEILO</td> <td>UL PANEL LED 2x2 40W 4000K 4000lm</td> <td>De Empotrar/ Iluminacion General</td> <td>39.9 W</td> <td>4099 lm</td> <td>102.7 lm/W</td> </tr> <tr> <td>43</td> <td>FEILO</td> <td>UL PANEL LED 2x4 50W 6000K 5000lm</td> <td>De Empotrar/ Iluminacion General</td> <td>47.8 W</td> <td>5019 lm</td> <td>105.0 lm/W</td> </tr> <tr> <td>29</td> <td>SYLVANIA</td> <td>INTERIOR</td> <td>P24338 LED PANEL RD EMP 18W 6.5K</td> <td>17.4 W</td> <td>1171 lm</td> <td>67.3 lm/W</td> </tr> </tbody> </table>	Φ <sub>total</sub>	P <sub>total</sub>	Rendimiento lumínico					454726 lm	4555.0 W	99.8 lm/W					Unl.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico	50	FEILO	UL PANEL LED 2x2 40W 4000K 4000lm	De Empotrar/ Iluminacion General	39.9 W	4099 lm	102.7 lm/W	43	FEILO	UL PANEL LED 2x4 50W 6000K 5000lm	De Empotrar/ Iluminacion General	47.8 W	5019 lm	105.0 lm/W	29	SYLVANIA	INTERIOR	P24338 LED PANEL RD EMP 18W 6.5K	17.4 W	1171 lm	67.3 lm/W
Φ <sub>total</sub>	P <sub>total</sub>	Rendimiento lumínico																																										
454726 lm	4555.0 W	99.8 lm/W																																										
Unl.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico																																						
50	FEILO	UL PANEL LED 2x2 40W 4000K 4000lm	De Empotrar/ Iluminacion General	39.9 W	4099 lm	102.7 lm/W																																						
43	FEILO	UL PANEL LED 2x4 50W 6000K 5000lm	De Empotrar/ Iluminacion General	47.8 W	5019 lm	105.0 lm/W																																						
29	SYLVANIA	INTERIOR	P24338 LED PANEL RD EMP 18W 6.5K	17.4 W	1171 lm	67.3 lm/W																																						
NIVEL 2	 <p style="text-align: center; font-size: small;">PLANTA DE DISTRIBUCIÓN ARQUITECTÓNICA, NIVEL 2</p>	<p><b>Lista de luminarias</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Φ<sub>total</sub></th> <th style="width: 15%;">P<sub>total</sub></th> <th style="width: 15%;">Rendimiento lumínico</th> <th colspan="4"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>457568 lm</td> <td>4692.8 W</td> <td>97.5 lm/W</td> <td colspan="4"></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">Unl.</th> <th style="width: 10%;">Fabricante</th> <th style="width: 15%;">N° de artículo</th> <th style="width: 40%;">Nombre del artículo</th> <th style="width: 10%;">P</th> <th style="width: 10%;">Φ</th> <th style="width: 10%;">Rendimiento lumínico</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>48</td> <td>FEILO</td> <td>UL PANEL LED 2x2 40W 4000K 4000lm</td> <td>De Empotrar/ Iluminacion General</td> <td>39.9 W</td> <td>4099 lm</td> <td>102.7 lm/W</td> </tr> <tr> <td>41</td> <td>FEILO</td> <td>UL PANEL LED 2x4 50W 6000K 5000lm</td> <td>De Empotrar/ Iluminacion General</td> <td>47.8 W</td> <td>5019 lm</td> <td>105.0 lm/W</td> </tr> <tr> <td>47</td> <td>SYLVANIA</td> <td>INTERIOR</td> <td>P24338 LED PANEL RD EMP 18W 6.5K</td> <td>17.4 W</td> <td>1171 lm</td> <td>67.3 lm/W</td> </tr> </tbody> </table>	Φ <sub>total</sub>	P <sub>total</sub>	Rendimiento lumínico					457568 lm	4692.8 W	97.5 lm/W					Unl.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico	48	FEILO	UL PANEL LED 2x2 40W 4000K 4000lm	De Empotrar/ Iluminacion General	39.9 W	4099 lm	102.7 lm/W	41	FEILO	UL PANEL LED 2x4 50W 6000K 5000lm	De Empotrar/ Iluminacion General	47.8 W	5019 lm	105.0 lm/W	47	SYLVANIA	INTERIOR	P24338 LED PANEL RD EMP 18W 6.5K	17.4 W	1171 lm	67.3 lm/W
Φ <sub>total</sub>	P <sub>total</sub>	Rendimiento lumínico																																										
457568 lm	4692.8 W	97.5 lm/W																																										
Unl.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico																																						
48	FEILO	UL PANEL LED 2x2 40W 4000K 4000lm	De Empotrar/ Iluminacion General	39.9 W	4099 lm	102.7 lm/W																																						
41	FEILO	UL PANEL LED 2x4 50W 6000K 5000lm	De Empotrar/ Iluminacion General	47.8 W	5019 lm	105.0 lm/W																																						
47	SYLVANIA	INTERIOR	P24338 LED PANEL RD EMP 18W 6.5K	17.4 W	1171 lm	67.3 lm/W																																						
NIVEL 3	 <p style="text-align: center; font-size: small;">PLANTA DE DISTRIBUCIÓN ARQUITECTÓNICA, NIVEL 3</p>	<p><b>Lista de luminarias</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Φ<sub>total</sub></th> <th style="width: 15%;">P<sub>total</sub></th> <th style="width: 15%;">Rendimiento lumínico</th> <th colspan="4"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>396508 lm</td> <td>4096.2 W</td> <td>96.8 lm/W</td> <td colspan="4"></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">Unl.</th> <th style="width: 10%;">Fabricante</th> <th style="width: 15%;">N° de artículo</th> <th style="width: 40%;">Nombre del artículo</th> <th style="width: 10%;">P</th> <th style="width: 10%;">Φ</th> <th style="width: 10%;">Rendimiento lumínico</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>74</td> <td>FEILO</td> <td>UL PANEL LED 2x2 40W 4000K 4000lm</td> <td>De Empotrar/ Iluminacion General</td> <td>39.9 W</td> <td>4099 lm</td> <td>102.7 lm/W</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>FEILO</td> <td>UL PANEL LED 2x4 50W 6000K 5000lm</td> <td>De Empotrar/ Iluminacion General</td> <td>47.8 W</td> <td>5019 lm</td> <td>105.0 lm/W</td> </tr> <tr> <td>41</td> <td>SYLVANIA</td> <td>INTERIOR</td> <td>P24338 LED PANEL RD EMP 18W 6.5K</td> <td>17.4 W</td> <td>1171 lm</td> <td>67.3 lm/W</td> </tr> </tbody> </table>	Φ <sub>total</sub>	P <sub>total</sub>	Rendimiento lumínico					396508 lm	4096.2 W	96.8 lm/W					Unl.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico	74	FEILO	UL PANEL LED 2x2 40W 4000K 4000lm	De Empotrar/ Iluminacion General	39.9 W	4099 lm	102.7 lm/W	9	FEILO	UL PANEL LED 2x4 50W 6000K 5000lm	De Empotrar/ Iluminacion General	47.8 W	5019 lm	105.0 lm/W	41	SYLVANIA	INTERIOR	P24338 LED PANEL RD EMP 18W 6.5K	17.4 W	1171 lm	67.3 lm/W
Φ <sub>total</sub>	P <sub>total</sub>	Rendimiento lumínico																																										
396508 lm	4096.2 W	96.8 lm/W																																										
Unl.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico																																						
74	FEILO	UL PANEL LED 2x2 40W 4000K 4000lm	De Empotrar/ Iluminacion General	39.9 W	4099 lm	102.7 lm/W																																						
9	FEILO	UL PANEL LED 2x4 50W 6000K 5000lm	De Empotrar/ Iluminacion General	47.8 W	5019 lm	105.0 lm/W																																						
41	SYLVANIA	INTERIOR	P24338 LED PANEL RD EMP 18W 6.5K	17.4 W	1171 lm	67.3 lm/W																																						

NIVEL	DISEÑO AUTOCAD	LISTA DE LUMINARIAS																															
NIVEL 4	 <p style="text-align: center; font-size: small;">PLANTA DE DISTRIBUCIÓN ARQUITECTÓNICA NIVEL 4</p>	<p><b>Lista de luminarias</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><math>\Phi_{total}</math> 389810 lm</td> <td style="text-align: center;"><math>P_{total}</math> 4018.4 W</td> <td style="text-align: center;">Rendimiento lumínico 97.0 lm/W</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Uni.</th> <th>Fabricante</th> <th>Nº de artículo</th> <th>Nombre del artículo</th> <th>P</th> <th><math>\Phi</math></th> <th>Rendimiento lumínico</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>36</td> <td>FEILO</td> <td>UL PANEL LED 2x2 40W 4000K 4000lm</td> <td>De Empotrar/ Iluminacion General</td> <td>39.9 W</td> <td>4099 lm</td> <td>102.7 lm/W</td> </tr> <tr> <td>38</td> <td>FEILO</td> <td>UL PANEL LED 2x4 50W 6000K 5000lm</td> <td>De Empotrar/ Iluminacion General</td> <td>47.8 W</td> <td>5019 lm</td> <td>105.0 lm/W</td> </tr> <tr> <td>44</td> <td>SYLVANIA</td> <td>INTERIOR</td> <td>P24338 LED PANEL RD EMP 18W 6.5K</td> <td>17.4 W</td> <td>1171 lm</td> <td>67.3 lm/W</td> </tr> </tbody> </table>	$\Phi_{total}$ 389810 lm	$P_{total}$ 4018.4 W	Rendimiento lumínico 97.0 lm/W	Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi$	Rendimiento lumínico	36	FEILO	UL PANEL LED 2x2 40W 4000K 4000lm	De Empotrar/ Iluminacion General	39.9 W	4099 lm	102.7 lm/W	38	FEILO	UL PANEL LED 2x4 50W 6000K 5000lm	De Empotrar/ Iluminacion General	47.8 W	5019 lm	105.0 lm/W	44	SYLVANIA	INTERIOR	P24338 LED PANEL RD EMP 18W 6.5K	17.4 W	1171 lm	67.3 lm/W
$\Phi_{total}$ 389810 lm	$P_{total}$ 4018.4 W	Rendimiento lumínico 97.0 lm/W																															
Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi$	Rendimiento lumínico																											
36	FEILO	UL PANEL LED 2x2 40W 4000K 4000lm	De Empotrar/ Iluminacion General	39.9 W	4099 lm	102.7 lm/W																											
38	FEILO	UL PANEL LED 2x4 50W 6000K 5000lm	De Empotrar/ Iluminacion General	47.8 W	5019 lm	105.0 lm/W																											
44	SYLVANIA	INTERIOR	P24338 LED PANEL RD EMP 18W 6.5K	17.4 W	1171 lm	67.3 lm/W																											
NIVEL 5	 <p style="text-align: center; font-size: small;">PLANTA DE DISTRIBUCIÓN ARQUITECTÓNICA NIVEL 5</p>	<p><b>Lista de luminarias</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><math>\Phi_{total}</math> 355764 lm</td> <td style="text-align: center;"><math>P_{total}</math> 3671.1 W</td> <td style="text-align: center;">Rendimiento lumínico 96.9 lm/W</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Uni.</th> <th>Fabricante</th> <th>Nº de artículo</th> <th>Nombre del artículo</th> <th>P</th> <th><math>\Phi</math></th> <th>Rendimiento lumínico</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>31</td> <td>FEILO</td> <td>UL PANEL LED 2x2 40W 4000K 4000lm</td> <td>De Empotrar/ Iluminacion General</td> <td>39.9 W</td> <td>4099 lm</td> <td>102.7 lm/W</td> </tr> <tr> <td>36</td> <td>FEILO</td> <td>UL PANEL LED 2x4 50W 6000K 5000lm</td> <td>De Empotrar/ Iluminacion General</td> <td>47.8 W</td> <td>5019 lm</td> <td>105.0 lm/W</td> </tr> <tr> <td>41</td> <td>SYLVANIA</td> <td>INTERIOR</td> <td>P24338 LED PANEL RD EMP 18W 6.5K</td> <td>17.4 W</td> <td>1171 lm</td> <td>67.3 lm/W</td> </tr> </tbody> </table>	$\Phi_{total}$ 355764 lm	$P_{total}$ 3671.1 W	Rendimiento lumínico 96.9 lm/W	Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi$	Rendimiento lumínico	31	FEILO	UL PANEL LED 2x2 40W 4000K 4000lm	De Empotrar/ Iluminacion General	39.9 W	4099 lm	102.7 lm/W	36	FEILO	UL PANEL LED 2x4 50W 6000K 5000lm	De Empotrar/ Iluminacion General	47.8 W	5019 lm	105.0 lm/W	41	SYLVANIA	INTERIOR	P24338 LED PANEL RD EMP 18W 6.5K	17.4 W	1171 lm	67.3 lm/W
$\Phi_{total}$ 355764 lm	$P_{total}$ 3671.1 W	Rendimiento lumínico 96.9 lm/W																															
Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi$	Rendimiento lumínico																											
31	FEILO	UL PANEL LED 2x2 40W 4000K 4000lm	De Empotrar/ Iluminacion General	39.9 W	4099 lm	102.7 lm/W																											
36	FEILO	UL PANEL LED 2x4 50W 6000K 5000lm	De Empotrar/ Iluminacion General	47.8 W	5019 lm	105.0 lm/W																											
41	SYLVANIA	INTERIOR	P24338 LED PANEL RD EMP 18W 6.5K	17.4 W	1171 lm	67.3 lm/W																											
NIVEL 6	 <p style="text-align: center; font-size: small;">PLANTA DE DISTRIBUCIÓN ARQUITECTÓNICA NIVEL 6</p>	<p><b>Lista de luminarias</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><math>\Phi_{total}</math> 461411 lm</td> <td style="text-align: center;"><math>P_{total}</math> 4749.0 W</td> <td style="text-align: center;">Rendimiento lumínico 97.2 lm/W</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Uni.</th> <th>Fabricante</th> <th>Nº de artículo</th> <th>Nombre del artículo</th> <th>P</th> <th><math>\Phi</math></th> <th>Rendimiento lumínico</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>20</td> <td>FEILO</td> <td>UL PANEL LED 2x2 40W 4000K 4000lm</td> <td>De Empotrar/ Iluminacion General</td> <td>39.9 W</td> <td>4099 lm</td> <td>102.7 lm/W</td> </tr> <tr> <td>63</td> <td>FEILO</td> <td>UL PANEL LED 2x4 50W 6000K 5000lm</td> <td>De Empotrar/ Iluminacion General</td> <td>47.8 W</td> <td>5019 lm</td> <td>105.0 lm/W</td> </tr> <tr> <td>54</td> <td>SYLVANIA</td> <td>INTERIOR</td> <td>P24338 LED PANEL RD EMP 18W 6.5K</td> <td>17.4 W</td> <td>1171 lm</td> <td>67.3 lm/W</td> </tr> </tbody> </table>	$\Phi_{total}$ 461411 lm	$P_{total}$ 4749.0 W	Rendimiento lumínico 97.2 lm/W	Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi$	Rendimiento lumínico	20	FEILO	UL PANEL LED 2x2 40W 4000K 4000lm	De Empotrar/ Iluminacion General	39.9 W	4099 lm	102.7 lm/W	63	FEILO	UL PANEL LED 2x4 50W 6000K 5000lm	De Empotrar/ Iluminacion General	47.8 W	5019 lm	105.0 lm/W	54	SYLVANIA	INTERIOR	P24338 LED PANEL RD EMP 18W 6.5K	17.4 W	1171 lm	67.3 lm/W
$\Phi_{total}$ 461411 lm	$P_{total}$ 4749.0 W	Rendimiento lumínico 97.2 lm/W																															
Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi$	Rendimiento lumínico																											
20	FEILO	UL PANEL LED 2x2 40W 4000K 4000lm	De Empotrar/ Iluminacion General	39.9 W	4099 lm	102.7 lm/W																											
63	FEILO	UL PANEL LED 2x4 50W 6000K 5000lm	De Empotrar/ Iluminacion General	47.8 W	5019 lm	105.0 lm/W																											
54	SYLVANIA	INTERIOR	P24338 LED PANEL RD EMP 18W 6.5K	17.4 W	1171 lm	67.3 lm/W																											

NIVEL	DISEÑO AUTOCAD	LISTA DE LUMINARIAS																																																																								
<b>NIVEL 7</b>		<p><b>Lista de luminarias</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="background-color: #e0e0e0;">Φ<sub>total</sub></th> <th colspan="3" style="background-color: #e0e0e0;">P<sub>total</sub></th> <th colspan="3" style="background-color: #e0e0e0;">Rendimiento lumínico</th> </tr> <tr> <td colspan="3">301403 lm</td> <td colspan="3">3305,1 W</td> <td colspan="3">91,2 lm/W</td> </tr> <tr> <th>Unl.</th> <th>Fabricante</th> <th>Nº de artículo</th> <th>Nombre del artículo</th> <th>P</th> <th>Φ</th> <th colspan="3">Rendimiento lumínico</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>16</td> <td>FEILO</td> <td>UL PANEL LED 1x4 40W 6000K 4000lm</td> <td>De Empotrar/ Iluminacion General</td> <td>38,4 W</td> <td>3792 lm</td> <td colspan="3">98,8 lm/W</td> </tr> <tr> <td>29</td> <td>FEILO</td> <td>UL PANEL LED 2x2 40W 4000K 4000lm</td> <td>De Empotrar/ Iluminacion General</td> <td>39,9 W</td> <td>4099 lm</td> <td colspan="3">102,7 lm/W</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>FEILO</td> <td>UL PANEL LED 2x4 50W 6000K 5000lm</td> <td>De Empotrar/ Iluminacion General</td> <td>47,8 W</td> <td>5019 lm</td> <td colspan="3">105,0 lm/W</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>SYLVANIA</td> <td>INTERIOR</td> <td>EMPOTRAR</td> <td>22,2 W</td> <td>1646 lm</td> <td colspan="3">74,1 lm/W</td> </tr> <tr> <td>43</td> <td>SYLVANIA</td> <td>INTERIOR</td> <td>P24338 LED PANEL RD EMP 18W 6.5K</td> <td>17,4 W</td> <td>1171 lm</td> <td colspan="3">67,3 lm/W</td> </tr> </tbody> </table>	Φ <sub>total</sub>			P <sub>total</sub>			Rendimiento lumínico			301403 lm			3305,1 W			91,2 lm/W			Unl.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico			16	FEILO	UL PANEL LED 1x4 40W 6000K 4000lm	De Empotrar/ Iluminacion General	38,4 W	3792 lm	98,8 lm/W			29	FEILO	UL PANEL LED 2x2 40W 4000K 4000lm	De Empotrar/ Iluminacion General	39,9 W	4099 lm	102,7 lm/W			9	FEILO	UL PANEL LED 2x4 50W 6000K 5000lm	De Empotrar/ Iluminacion General	47,8 W	5019 lm	105,0 lm/W			16	SYLVANIA	INTERIOR	EMPOTRAR	22,2 W	1646 lm	74,1 lm/W			43	SYLVANIA	INTERIOR	P24338 LED PANEL RD EMP 18W 6.5K	17,4 W	1171 lm	67,3 lm/W		
Φ <sub>total</sub>			P <sub>total</sub>			Rendimiento lumínico																																																																				
301403 lm			3305,1 W			91,2 lm/W																																																																				
Unl.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico																																																																				
16	FEILO	UL PANEL LED 1x4 40W 6000K 4000lm	De Empotrar/ Iluminacion General	38,4 W	3792 lm	98,8 lm/W																																																																				
29	FEILO	UL PANEL LED 2x2 40W 4000K 4000lm	De Empotrar/ Iluminacion General	39,9 W	4099 lm	102,7 lm/W																																																																				
9	FEILO	UL PANEL LED 2x4 50W 6000K 5000lm	De Empotrar/ Iluminacion General	47,8 W	5019 lm	105,0 lm/W																																																																				
16	SYLVANIA	INTERIOR	EMPOTRAR	22,2 W	1646 lm	74,1 lm/W																																																																				
43	SYLVANIA	INTERIOR	P24338 LED PANEL RD EMP 18W 6.5K	17,4 W	1171 lm	67,3 lm/W																																																																				

*Ilustración 10. Diseño AutoCAD y propuesta de luminarias y demanda máxima en todos los niveles del edificio*

En el estudio de huella de carbono de este proyecto se hizo una proyección con los 12 100 kWh de ahorro mensual, asumiendo un ahorro constante aproximado con el mismo monto, se calculó con fines académicos un ahorro anual de 145 200 kWh.

Finalmente, se hace la conversión con el factor de emisión eléctrico [24] llegando a una disminución anual de 5.30 toneladas de CO<sub>2</sub>e anual en todos los niveles del edificio Pbro. Benjamín Núñez.

#### *4.1.4.2 Cambio de tecnología de iluminación en descansos de las escaleras principales del edificio Pbro. Benjamín Núñez*

Este proyecto es una propuesta de cambio total de las luminarias actuales instaladas en los seis descansos de las escaleras principales del edificio del MTSS. La proyección es hacer un cambio según la demanda de recursos.

Se hizo una propuesta de diseño con el programa Dialux que conforme al trazado de planta de AutoCAD se modula en la **Ilustración 11** generando el estado actual de medición de luxes instalado.





*Ilustración 11. Modelación en Dialux de los descansos de las escaleras principales*

En la **Ilustración 12** se representa diseño del estudio de cambio de tipo de luminaria en los descansos de las escaleras, las luminarias deben cambiar la instalación para mejorar el mantenimiento correctivo de los mismos, por la complicación de cambios de fluorescentes al no contar el MTSS con equipo de altura para el cambio respectivo. Se recomienda instalar las seis luminarias de la **Tabla 15** como referencia. Ver **ANEXO 6. Referencia de fichas técnicas luminaria propuesta en los descansos de la escalera principal del edificio Pbro. Benjamín Núñez.**

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
6	FEILO	UL 402 LED 48 6 10950 lm 108W Pend Dif 1 TL	De Colgar/ Iluminacion General	108.0 W	12001 lm	111.1 lm/W

**Tabla 15. Cantidades de luminarias y referencias en los descansos de las escaleras. Programa Dialux**

En el análisis de base instalada con un total de 1.33 kW de demanda por las luminarias existentes en las escaleras principales del edificio, se desarrolló una comparación con las luminarias de tecnología LED, con los factores propuestos de consumo porcentual diario, se proyecta un total de 14.93 kWh en los días hábiles generando una diferencia de 7.67 kWh con el estudio de cambio de luminarias LED propuesta con 7.26 kWh de consumo diario los días laborales.

En los días no hábiles se estima un consumo diario de 3.20 kWh generando una diferencia de 1.64 kWh con el estudio de luminarias LED propuesta con 1.56 kWh de consumo durante los fines de semana.

Se estima un ahorro de \$ 615.76 divizando un 20% en ahorro en mantenimiento y repuestos como se muestra en el estudio de evaluación económica y huella de carbono del **APÉNDICE 10. Estudio de evaluación económica y huella de carbono de los descansos de las escaleras principales.** Se hace con un funcionamiento de demanda de 8 horas al 100%, 4 horas al 50% y 12 horas al 10% diarias durante 21 días hábiles mensuales y con 9 días no hábiles al 10% de consumo de iluminación total (durante los fines de semana) con un costo de kWh de \$ 0.21.



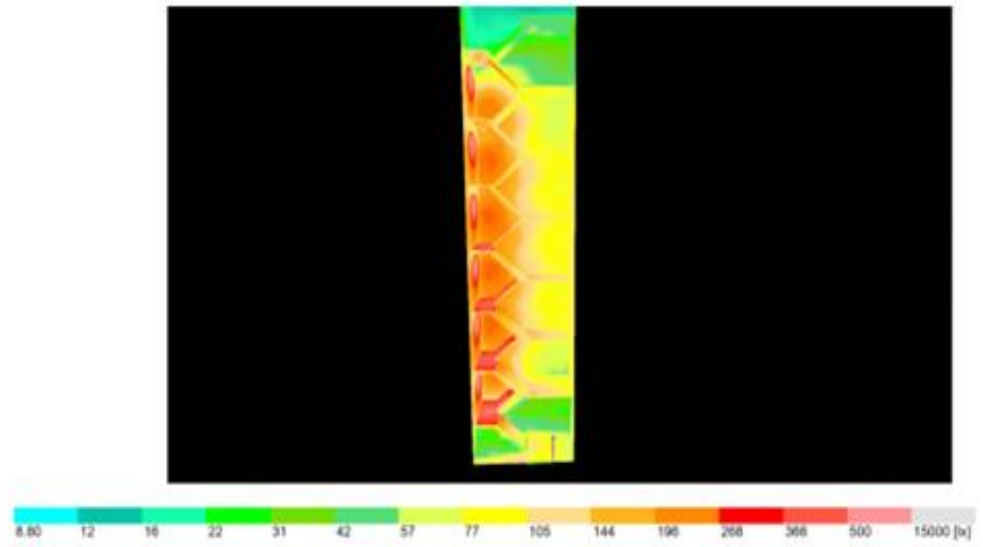
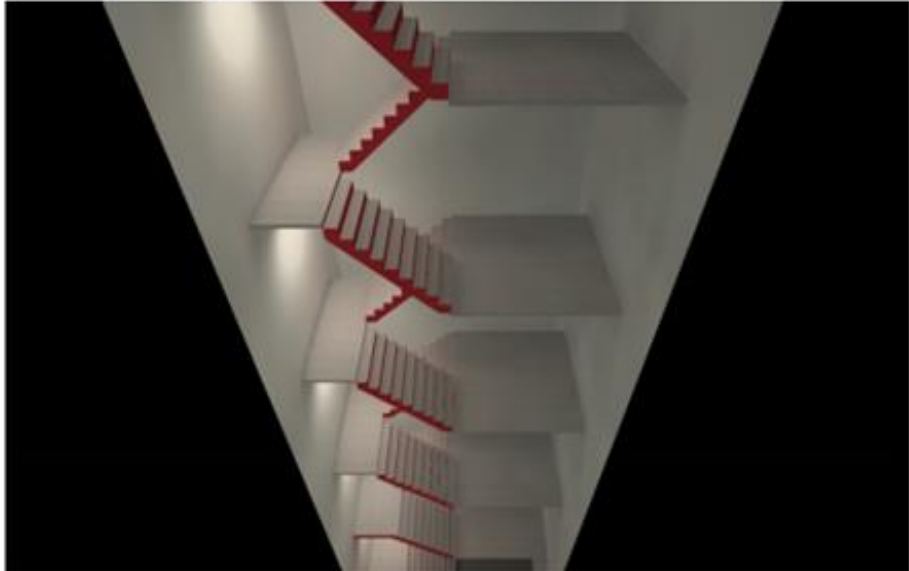
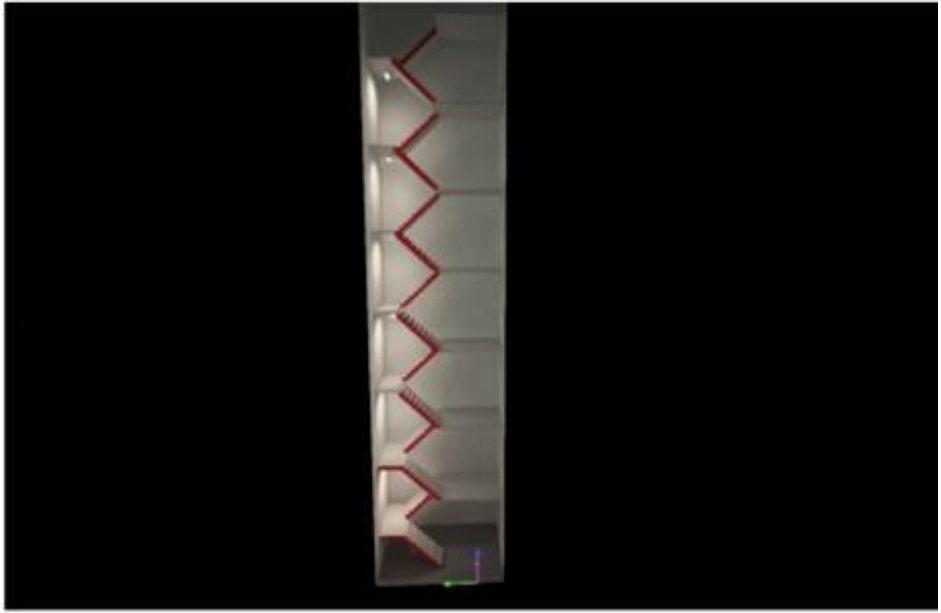
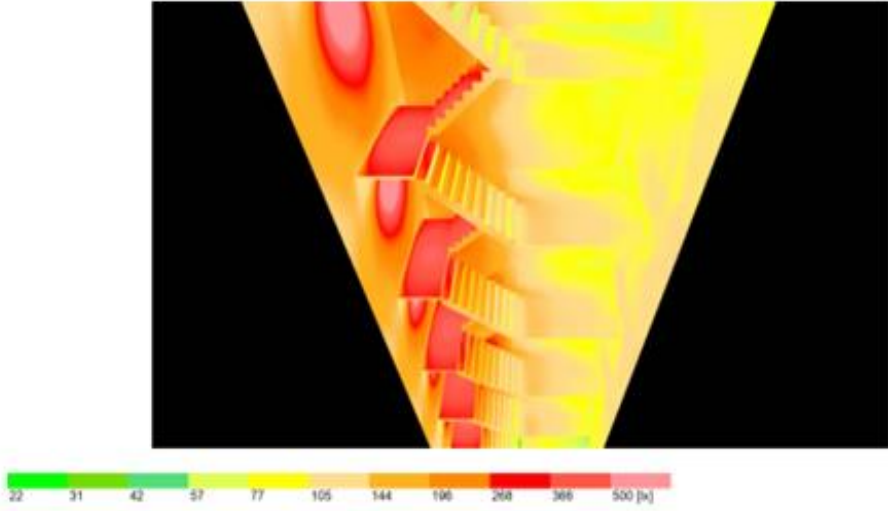


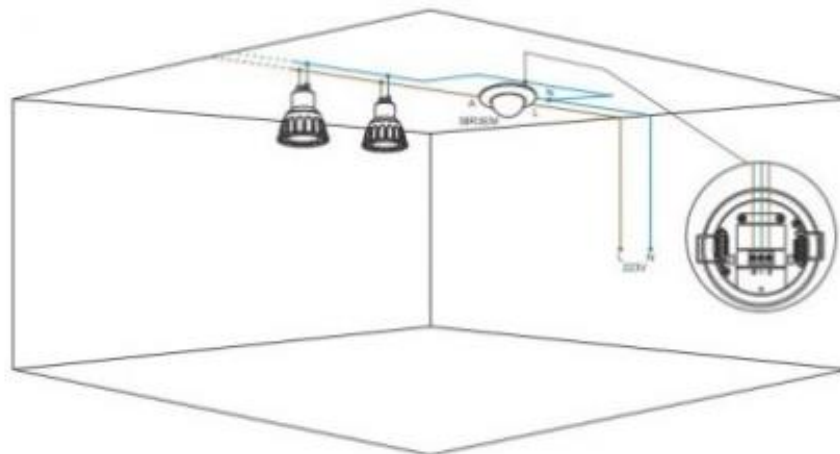
Ilustración 12. Diseño luminarias descansos escaleras. Dialux

La inversión se contempla en el **ANEXO 7. Costo de referencia del estudio propuesto de cambio de luminaria en descansos** como una tabla de cotización de referencia con un costo aproximado de ₡ 2 475 250 (\$ 4 029.58) generando un ROI de 6.5 años según el ahorro total de ₡ 378 242.89 (\$ 615.76).

En el estudio de huella de carbono de este proyecto se hizo una proyección con los 175.89 kWh de ahorro mensual, asumiendo un ahorro constante aproximado con el mismo monto, se calculó con fines académicos un ahorro anual de 2 110.68 kWh. Seguidamente se hace la conversión con el factor de emisión eléctrico [24] llegando a una disminución de 0.08 toneladas de CO<sub>2e</sub> anual en los descansos de la escalera principal representando una medida a considerar en un futuro según la propuesta.

#### 4.1.4.3 Control de iluminación en los servicios sanitarios del edificio central del MTSS

Este proyecto es una propuesta de cambio total de las luminarias actuales instaladas en los servicios sanitarios del edificio Pbro. Benjamín Núñez. La proyección es hacer el trabajo según la demanda de recursos o por convenio de marco. La propuesta es instalar controles de iluminación cuyo objetivo es mejorar automáticamente con sensores de movimiento el encendido y apagado de las luminarias tipo LED por instalar [25].



*Ilustración 13. Ejemplo Diagrama Control iluminación*

Se propone el tipo de luminaria de referencia LED PANEL RD 18W DL 100-240V de Sylvania. Ver características técnicas en la primera luminaria del **ANEXO 4. Referencia de fichas técnicas luminarias propuestas en los niveles.**

Otro equipo esencial para el control de iluminación es el sensor. Se propone un rango de detección del sensor debe ser de 360° grados y una distancia de detección aproximada de 6 a 8m. Ver ficha técnica del sensor de referencia. Modelo LX28A de IPSA en **ANEXO 8. Referencia de fichas técnicas sensor propuesto en el control de iluminación de los servicios sanitarios.** Cabe destacar que el sensor fotosensible de movimiento para techo debe ser ajustable según se utilice en el día o la noche, además de configuración de tiempo a 15 minutos como máximo sin haber ningún movimiento en el rango de detección.

En el análisis de base instalada, con una demanda total de 3.75 kW por las luminarias existentes en los servicios sanitarios del edificio, se desarrolló una comparación con las luminarias de tecnología LED, con los factores propuestos de consumo porcentual diario, se proyecta un total de 42 kWh en los días hábiles generando una diferencia de 31.92 kWh con el estudio de cambio de luminarias LED propuesta con 10.08 kWh de consumo diario los días laborales.

En los días no hábiles se estima un consumo diario de 9 kWh generando una diferencia de 6.84 kWh con el estudio de luminarias LED propuesta con 2.16 kWh de consumo durante los fines de semana.

Se estima un ahorro de \$ 2 329.69 dividiendo un 20% en ahorro en mantenimiento y repuestos como se muestra en el estudio de evaluación económica y huella de carbono del **APÉNDICE 11. Estudio de evaluación económica y huella de carbono de los servicios sanitarios del MTSS.** Se hace con un funcionamiento de demanda de 8 horas al 100%, 4 horas al 50% y 12 horas al 10% diarias durante 21 días hábiles mensuales y con 9 días no hábiles al 10% de consumo de iluminación total (durante los fines de semana) con un costo de kWh de \$ 0.21. La inversión se contempla en el **ANEXO 9. Referencia de costos para la propuesta de control de iluminación en servicios sanitarios** como una tabla de cotización de referencia con un costo aproximado de

¢ 3 865 500 (\$ 6 292.84) generando un ROI de 2.7 años según el ahorro total de \$ 2329.69.

En el estudio de huella de carbono de este proyecto se hizo una proyección con los 731.88 kWh de ahorro mensual, asumiendo un ahorro constante aproximado con el mismo monto, se calculó con fines académicos un ahorro anual de 8 782.56 kWh. Seguidamente se hace la conversión con el factor de emisión eléctrico [24] llegando a una disminución de 0.32 toneladas de CO<sub>2</sub>e anual en los servicios sanitarios representando una medida a considerar en un futuro según la propuesta.

#### 4.1.4.4 Análisis de resultados de cambio de tecnología de la iluminación total del edificio Pbro. Benjamín Núñez

La totalidad de los tres cambios de iluminación por tecnología LED se demuestra en la **Tabla 16**.

<b>Huella de carbono TOTAL</b>					
DESCRIPCION	kWh/mes ahorrados	Factor	kg CO <sub>2</sub> e/kWh	kg CO <sub>2</sub> e/año	ton CO <sub>2</sub> e/año
Niveles y sótano	12 099.90	0.0365	441.65	5 299.76	5.30
Descansos escaleras	175.89	0.0365	6.42	77.04	0.08
Control iluminación	731.88	0.0365	26.71	320.56	0.32
<b>TOTAL</b>	<b>13 007.67</b>		<b>474.78</b>	<b>5 697.36</b>	<b>5.70</b>

*Tabla 16. Cálculo huella de carbono total cambio tecnología iluminación de proyectos propuestos*

En conclusión, la reducción total en consumo anual de iluminación con los tres proyectos propuestos es de 156 092.04 kWh, proporcionando como resultado una reducción de 1.58% en las emisiones generadas en el cálculo del resumen de la **Tabla 5** de 6.83%, con un porcentaje total de 5.25% y a nivel de todo el inventario se percibiría una reducción de emisiones a 336.65 toneladas de CO<sub>2</sub>e anual si únicamente se desarrollan estas actividades, representado en la **Tabla 17**:

Alcance	Fuente	Emisiones de kg CO <sub>2</sub> eq/año	Emisiones de ton CO <sub>2</sub> eq/año	Porcentaje	Emisiones por alcance ton CO <sub>2</sub> eq/año	Comentarios
Alcance 2	Electricidad	17,687.740	17.688	5.25%	17.69	Fuente a considerar
<b>Total</b>	-	<b>336,651.43</b>	<b>336.65</b>	<b>100%</b>	<b>336.65</b>	-

*Tabla 17. Resultados de reducción de emisiones con cambio de tecnología de iluminación total*

Representando una medida a considerar en un futuro, para que se reduzcan emisiones de 5.70 toneladas de dióxido de carbono equivalente de una forma significativa a las 23.39 toneladas de CO<sub>2</sub>e anuales de las emisiones de electricidad.

#### 4.1.5 Otras propuestas

Se generan otras propuestas que se deben considerar para la compensación y eficiencia energética del edificio:

##### 4.1.5.1 Compensación y Bono de carbono

A partir de los cálculos de las emisiones totales de dióxido de carbono equivalente y datos de la Guía de reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero en el sector público [26] fue posible determinar que se necesitan plantar 1000 árboles al año para capturar 6.45 toneladas de CO<sub>2</sub>. Esto equivale a un porcentaje de remoción de 1.88% del total de emisiones generadas en el 2019. Con esto se puede implementar 4 campañas de forestación o reforestación de 250 árboles en el año, para poder compensar las emisiones de gases de efecto invernadero.

Otra opción es optar por un bono de carbono o bien un mercado doméstico de carbono voluntario con el fin de compensar las emisiones generadas por el edificio. Además, con el dato de FONAFIFO del costo por tonelada generada [27], se logró determinar que la institución podría pagar un monto monetario para compensar sus emisiones de dióxido de carbono equivalente especificado en la **Tabla 18**.

<b>Costo de la compensación (moneda/ton CO<sub>2</sub>e)</b>		
<b>Año base</b>	<b>Costo de la compensación (US\$/ton CO<sub>2</sub>e) del edificio</b>	<b>Costo de la compensación (₡/ton CO<sub>2</sub>e) del edificio</b>
	<b>\$7.50</b>	<b>₡4 624.35</b>
<b>2019</b>	<b>\$2 567.64</b>	<b>₡1 583 152.82</b>

*Tabla 18. Costo de compensación. Fuente: FONAFIFO*

#### 4.1.5.2 Almacenamiento de agua pluvial en el edificio Pbro. Benjamín Núñez

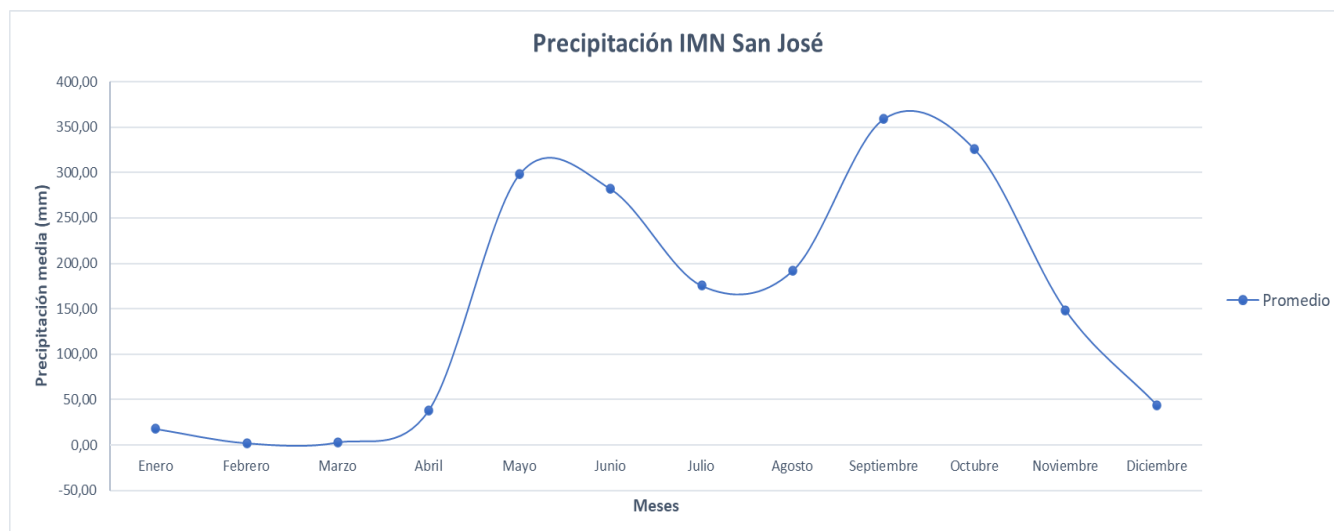
Propuesta para el desarrollo de un proyecto de ahorro de agua potable mediante la incorporación de un tanque de captación pluvial y sistema de bombeo que permita abastecer el agua requerida para el lavado de:

- Flota de vehículos del MTSS.
- Equipo externo de aire acondicionado (chiller).
- Estacionamiento.
- Áreas verdes aledañas.
- Otras actividades no potables.

Con base en los reportes del Instituto Meteorológico Nacional, se realiza un perfil de la precipitación mensual promedio en la **Ilustración 14** donde se tomó la cantidad de mm de lluvia reportados en la estación del IMN en San José, desde el año 2015 al año 2020 de la **Tabla 19**.

Mes	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Promedio
Enero	6.60	9.50	8.80	62.00	0.60	17.80	17.55
Febrero	3.10	0.80	3.40	2.80	0.00	0.20	1.72
Marzo	3.50	0.00	11.20	0.00	0.20	0.00	2.48
Abril	6.40	43.60	75.40	15.60	37.40	47.60	37.67
Mayo	92.70	230.00	570.40	261.80	405.00	229.80	298.28
Junio	170.90	310.40	345.00	231.60	233.60	400.40	281.98
Julio	144.10	111.70	197.00	186.00	139.00	274.40	175.37
Agosto	42.80	133.60	271.60	143.60	219.00	340.60	191.87
Septiembre	303.00	206.40	652.40	232.20	300.00	460.80	359.13
Octubre	368.00	411.20	315.00	147.60	399.60	312.20	325.60
Noviembre	242.00	141.80	93.20	57.60	115.80	237.60	148.00
Diciembre	15.20	141.60	9.80	6.80	23.20	68.20	44.13

**Tabla 19. Precipitación en mm. Estación Instituto Meteorológico Nacional, San José**



**Ilustración 14.** Perfil de precipitación en estación Instituto Meteorológico Nacional, San José

Siendo el área de la cubierta de techos del MTSS de aproximadamente 38m x 30m, o bien con un área de 1 140m<sup>2</sup>, y contando este con dos bajantes pluviales, se determina que, por cada una de estas tuberías el volumen medio de agua mensual es de:

Enero	20 007	20
Febrero	1 957	2
Marzo	2 831	3
Abril	42 940	43
Mayo	340 043	340
Junio	321 461	321
Julio	199 918	200
Agosto	218 728	219
Septiembre	409 412	409
Octubre	371 184	371
Noviembre	168 720	169
Diciembre	50 312	50

**Tabla 20.** Cantidad media de agua pluvial disponible

Para establecer el consumo de agua se identifica en primera instancia las actividades donde es posible utilizar el agua pluvial.

Seguidamente se define la cantidad de agua requerida por cada actividad. Para ello se consultan distintas fuentes del AyA, DIGECA [28] y artículos científicos relacionados [29], de este modo se obtiene la **Tabla 21** con el resumen de consumos por actividad, sumando un total de 14 560 litros mensuales demostrados.

Actividad	Cantidad de eventos mensuales	Litros por evento	Consumo total (L/mes)
1. Lavado de automóviles	40	70	2 800
2. Limpieza de área de parqueos 3. (derrames, polvo, barro, servicios sanitarios)	20	20	400
4. Limpieza (mantenimiento) del chiller	1	20	20
5. Riego zonas verdes	30	18	540
6. Uso en servicios sanitarios	1 080	10	10 800

*Tabla 21. Consumos de agua del MTSS*

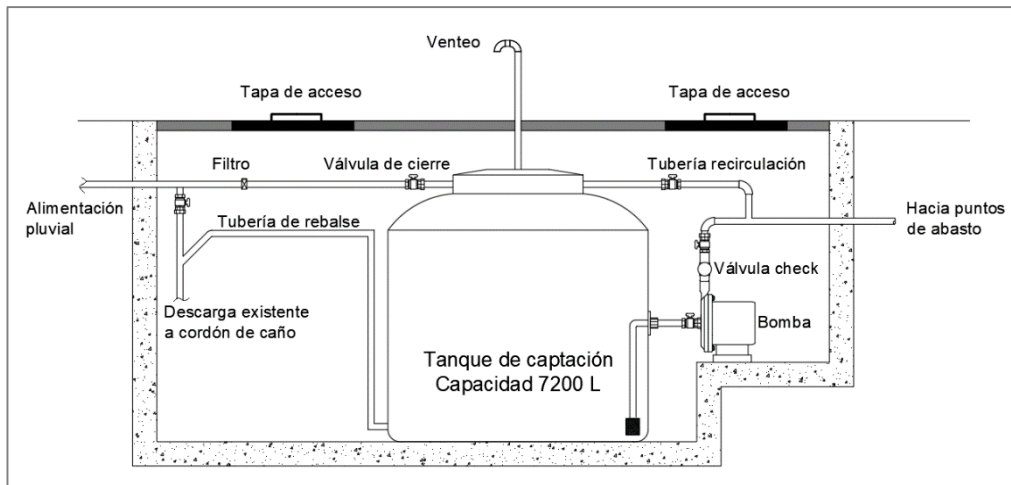
Notas:

1. Se considera 2 lavados diarios lo que equivale a 40 lavados mensuales con un consumo de 70 litros por evento.
2. Actividades de limpieza tanto en estacionamientos como en áreas contiguas, se ha considerado 1 por día con un consumo de 20 litros.
3. Las actividades de limpieza del chiller o equipo de aire acondicionado, se considera por experiencia propia un consumo eficiente de 20 litros por evento con una periodicidad mensual.
4. Para el riego de zonas verdes se ha considerado alrededor de 30 eventos mensuales con un consumo conservador de 6 litros por 3 actividades.
5. Para el uso de servicios sanitarios, se estima que por turno se hace uso del inodoro alrededor de 6 ocasiones, y siendo 3 turnos durante 30 días al mes por los 2 servicios sanitarios disponibles, se estima alrededor de 1080 eventos mensuales con un consumo de 10 litros.

El espacio en el área de parqueos se encuentra bastante limitada, por lo que se proponen dos escenarios:

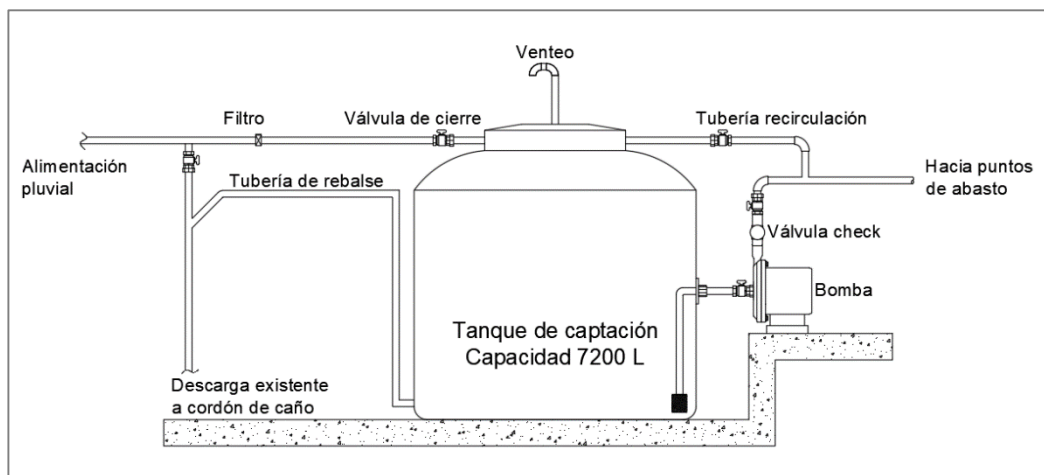


Opción 1. Instalación subterránea, ocupando un área de 5.2 m x 2.5 m, o bien 13 metros cuadrados de área. Esta opción no altera el espacio ocupado actualmente por los vehículos ya que su construcción permitirá seguir utilizando el espacio actual para estacionamiento.



*Ilustración 15. Esquemático en AutoCAD de sistema subterráneo*

Opción 2. Instalación expuesta. En este caso el área se incrementa al doble ya que se requiere realizar labores civiles de la base para soportar el peso del tanque y además las interconexiones con tuberías existentes.



*Ilustración 16. Esquemático en AutoCAD de sistema expuesto*

El almacenamiento de agua se considera utilizando un tanque 100% virgen de polietileno, con aprobación FDA, fabricado en Estados Unidos. El tanque se encuentra construido en una sola pieza y está reforzado mediante anillos en las paredes. Incluye la tapa roscada y una boya para medición de nivel. La capacidad del tanque es de 7 500 L y posee una vida útil estimada de 40 años (ver **ANEXO 10. Ficha técnica del tanque de almacenamiento propuesto**).

La bomba propuesta es multietapa con un regulador de presión, diseñada a operar a 110 V y con una potencia de 0.75 hp. El modelo igual o superior al CPM-600 y las características de funcionamiento se encuentran en **ANEXO 11. Ficha técnica de bomba multietapa CPM-600 con regulador de presión**.

Respecto a los accesorios, son comunes en instalaciones mecánicas y se someterán a aprobación en el diseño previo a la instalación. Por otra parte, el regulador electrónico de presión con un caudal mínimo de 200 l/min (ver **ANEXO 12. Ficha técnica del regulador electrónico de presión propuesto**) y el filtro propuesto (**ANEXO 13. Ficha técnica del filtro de recolección de agua pluvial propuesto**), el cual se encuentra diseñado propiamente para agua pluvial.

Con base en la cantidad de agua pluvial disponible y el perfil de consumo, es posible captar, utilizar y ahorrar agua pluvial, manteniendo el tanque lleno por al menos 9 meses, mientras que la reserva alcanzaría para el suministro durante 1 mes aproximadamente, bajo el supuesto que en el primer mes de baja precipitación no se utiliza agua para lavado de autos o riego al coincidir con el periodo de vacaciones del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.

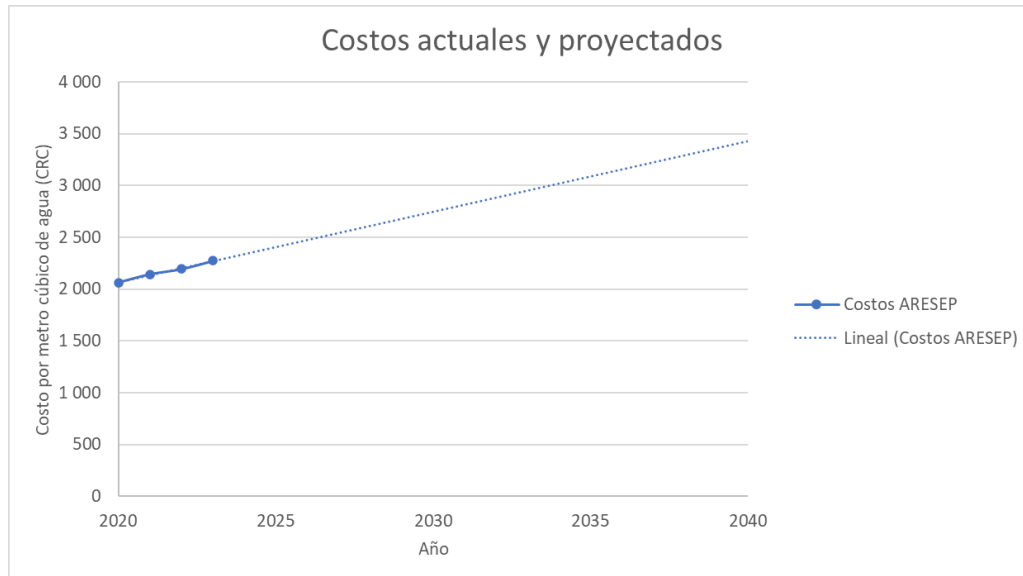
El sistema de captación mediante tanque, poseerá una tubería de rebalse que permita evacuar el exceso de agua, redireccionándola hacia el cordón de caño donde actualmente se encuentra el desfogue pluvial. Poseerá también una tubería de recirculación para mantener el agua oxigenada y evitar estancamiento. En caso del sistema subterráneo, se contará con dos registros de acceso para mantenimiento y manipulación de las válvulas.

Además del ahorro en el consumo de agua, con este proyecto se suma un ahorro económico. Con base en las tarifas de ARESEP del año 2021 para el agua provista por el AyA, se observa un crecimiento del costo desde el año 2020 hasta el 2023, presentando los últimos dos años un incremento del 3.65%.

Bajo el supuesto que el incremento del 3.65% se mantendrá de manera constante durante los próximos años, se elabora la **Tabla 22** y gráfico de la proyección futura en la **Ilustración 17**.

Año	Costo (CRC)	Incremento anual	Ahorro anual (L)	Ahorro anual (CRC)
2020	2 063	3,88%		
2021	2 143	2,33%		
2022	2 193	3,65%	149 500	327 854
2023	2 273	3,65%	149 500	339 814
2024	2 356	3,65%	149 500	352 210
2025	2 442	3,65%	149 500	365 058
2026	2 531	3,65%	149 500	378 376
2027	2 623	3,65%	149 500	392 179
2028	2 719	3,65%	149 500	406 485
2029	2 818	3,65%	149 500	421 314
2030	2 921	3,65%	149 500	436 683
2031	3 028	3,65%	149 500	452 613
2032	3 138	3,65%	149 500	469 124
2033	3 252	3,65%	149 500	486 238
2034	3 371	3,65%	149 500	503 976
2035	3 494	3,65%	149 500	522 360
2036	3 622	3,65%	149 500	541 416
2037	3 754	3,65%	149 500	561 167
2038	3 891	3,65%	149 500	581 638
2039	4 032	3,65%	149 500	602 856
2040	4 180	3,65%	149 500	624 848

**Tabla 22. Proyección de costos por metro cúbico en el MTSS**



**Ilustración 17. Proyección de costos del metro cúbico de agua**

Con base en estos números se estima un ahorro anual promedio de ₡ 461 000 y 149 500 litros de agua. El empleo de estas tecnologías renovables, contribuyen con el medio ambiente gracias a que aprovechan el agua de lluvia para actividades cuya demanda de agua no es potable y aportan a la cultura ambiental y energética de la institución.

En el **ANEXO 14. Cotización de instalación de tanque de almacenamiento de agua pluvial** se demuestra las cotizaciones de las opciones de la propuesta del proyecto don la opción 1 es de \$ 60 161.20 y la opción 2 de \$ 35 093.28 respectivamente.

Es importante mencionar el comportamiento de costos del diseño está basado en los dichos parámetros y bajo una alta capacidad de lo que necesitan para sus funciones, por lo que analizaron opciones de tanques de mayor capacidad, en tipos de construcciones como concreto impermeabilizado, tanques aéreos y tanques con capacidades hasta de 14 000 litros, de donde los costos eran sumamente altos. Bajo estos parámetros se determina utilizar un tanque de capacidad promedio en costos y eficiencia, para lo que se requiere de acuerdo a lo visto en el MTSS, utilizar un tanque de 7 500 litros de construcción RAING HERBING REFORSADO como referencia, distribuido, por la casa del tanque, estaría instalado en una fosa de

concreto por debajo del nivel del parqueo reforzada, de 20 cm de espesor varilla #4 y #3 en ambas direcciones, concreto de 240 kg/cm<sup>2</sup> premezclado, iluminación interna, dos entradas una de entrada y una de salida, Iluminación, Instalación de Bomba de distribución. Ver **ANEXO 15. Justificación de tamaño de tanque de almacenamiento.**

#### 4.1.6 Análisis resultados plan de propuestas para reducción de CO<sub>2</sub>

En conclusión a los resultados de gestión de reducciones con las propuestas de proyectos para el cálculo de las emisiones de dióxido de carbono del edificio Pbro. Benjamín Núñez se demuestran muy factibles técnica y económicamente de llevar a cabo a corto plazo en ejecución con la disminución de 70.42 toneladas de CO<sub>2e</sub> anual de la reducción por evitar filtraciones de refrigerante, las 5.70 toneladas de CO<sub>2e</sub> anual de la reducción de emisiones por cambio a tecnología LED y las 28.33 toneladas de CO<sub>2e</sub> por el ahorro de utilización de un 75% de la flota vehicular de combustión, en comparación con el resumen de cantidad de emisiones por alcance de toneladas de dióxido de carbono equivalente por año actual. Los proyectos a largo plazo (propuesta de cambio de refrigerante y equipo de agua helada de refrigeración con ahorro de 77.32 toneladas de CO<sub>2e</sub>) no son factibles cuantificarlos en este periodo al estar a la mitad de la vida útil el equipo en funcionamiento.

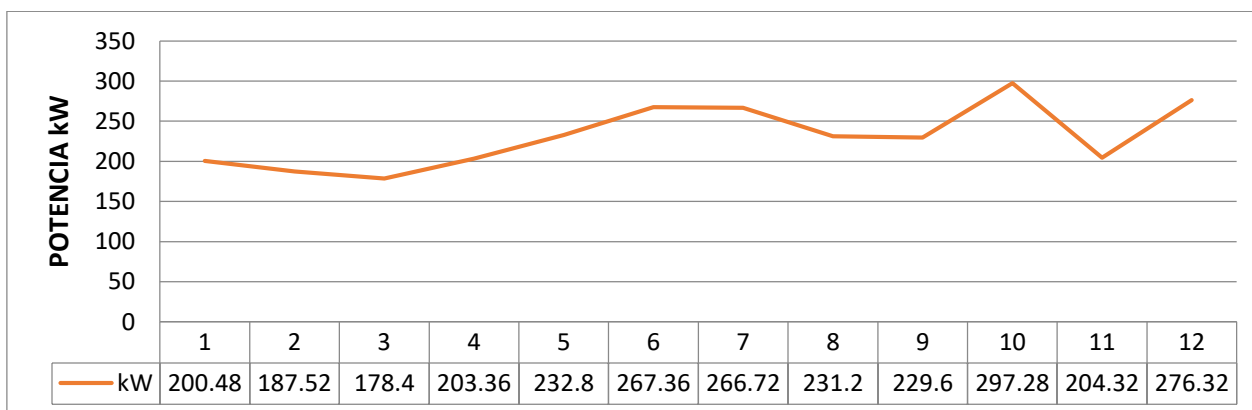
Dado lo anterior y aplicando la ecuación (1) y (2) de la sección **Interpretación de la ecuación de carbono neutralidad** se tiene hasta el momento una reducción total de 104.45 toneladas de CO<sub>2e</sub> por año a corto plazo, de las propuestas de proyectos que se pueden cuantificar.

Seguidamente se debe adicionar la reducción del proyecto de generación de energía fotovoltaica, almacenamiento de energía eléctrica por baterías Powerpack y reducción por el cambio de tarifa T-MT, explicada y justificada a partir de la sección **Resultados del diseño y modulación del sistema de generación fotovoltaica y almacenamiento eléctrico** para establecer el plan de gestión de reducciones.

## 4.2 Resultados del análisis de datos con modelos de estudio por perfil de carga eléctrica y las condiciones climatológicas

### 4.2.1 Modelo anual con variable dependiente Potencia

Se utiliza la demanda máxima como variable dependiente recopilada de los datos suministrados en el año 2018 por la CNFL del conjunto de tarifas mensuales en el primer modelo de análisis visualizado en la gráfica de la **Ilustración 18**.



*Ilustración 18. Gráfico de potencia contra los meses del año 2018*

Los regresores recopilados anuales fueron el porcentaje de nubosidad, horas luz y la radiación global de la zona en gestión, se hace hincapié de los datos en la siguiente tabla:

MESES	POTENCIA (kW)	% NUBOSIDAD	HORAS LUZ	RADIACION GLOBAL MJ/m2
1	200.48	61.5	10.01	17
2	187.52	56.5	9.46	20
3	178.4	47	9.61	22
4	203.36	28	10.27	21
5	232.8	10	10.43	18
6	267.36	5.5	10.47	16
7	266.72	6.5	10.43	16
8	231.2	6.5	10.35	17
9	229.6	6	10.42	17
10	297.28	9.5	10.37	16
11	204.32	26	10.27	15
12	276.32	50.5	9.69	16

*Tabla 23. Muestras de datos anuales recopilados por la NASA, IMN Y CNFL para el modelo de primer orden*

Los datos fueron utilizados en un análisis de varianza y residuales estandarizados dando los valores de  $p$  significativos para la variable dependiente de potencia. El modelo de regresión utilizado para obtener los análisis adecuados está representado en la ecuación (17).

La cantidad de datos es mínima al hacerlo anual, a continuación, se analiza en la **Tabla 24** el ANOVA del modelo de segundo orden con interacción:

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	3	642787	214262	126.76	0.000
% NUBOSIDAD*HORAS LUZ	1	12881	12881	7.62	0.022
% NUBOSIDAD*RADIACION GLOBAL MJ/m2	1	17097	17097	10.11	0.011
HORAS LUZ*RADIACION GLOBAL MJ/m2	1	277751	277751	164.33	0.000
Error	9	15212	1690		
Total	12	657999			

Resumen del modelo			
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
41.1126	97.69%	96.92%	95.88%

Coeficientes
--------------

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
% NUBOSIDAD*HORAS LUZ	0.723	0.262	2.76	0.022	52.75
% NUBOSIDAD*RADIACION GLOBAL MJ/m2	-0.430	0.135	-3.18	0.011	50.69
HORAS LUZ*RADIACION GLOBAL MJ/m2	1.393	0.109	12.82	0.000	2.69

### Ecuación de regresión

$$\text{POTENCIA(kW)} = 0.723 \text{ \% NUBOSIDAD*HORAS LUZ} - 0.430 \text{ \% NUBOSIDAD*RADIACION GLOBAL MJ/m2} + 1.393 \text{ HORAS LUZ*RADIACION GLOBAL MJ/m2}$$

*Tabla 24.ANOVA primer modelo de segundo orden sin interacción. Minitab*

En el análisis de varianza se concluye de acuerdo a los valores de  $p$  los datos del modelo con interacción son significativos en su totalidad para el nivel de significancia del 0.05 que fue el nivel de significancia aceptado.

La  $R^2$  mide la proporción de la variabilidad total explicada por el modelo (97.69%).

La  $R^2$  ajustado es un estadístico que está ajustado para el tamaño del modelo, puede decrecer en realidad por agregar términos no significativos al modelo.

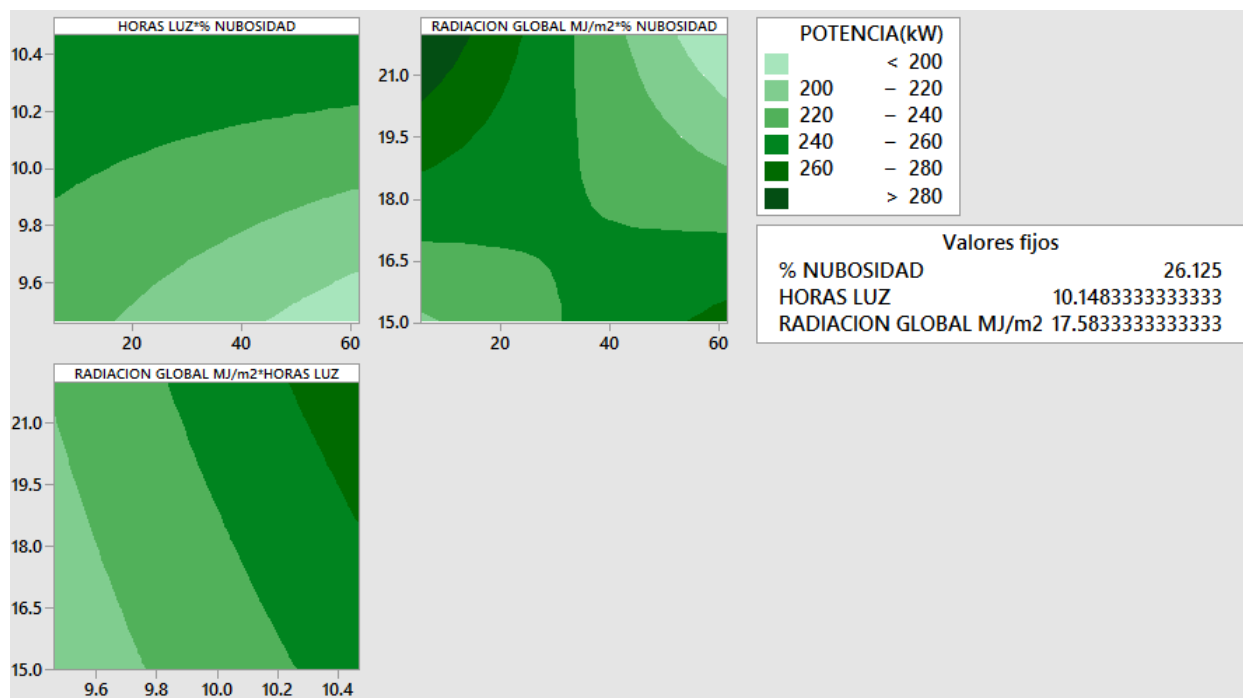
La  $R^2$  predicha espera que se explique cerca de 96% de la variabilidad de los datos nuevos.

Según el **APÉNDICE 12. Gráficas de probabilidad normal, histograma, orden y valor ajustado contra residuos estandarizados del modelo de segundo orden con interacción** representadas se identifica una simetría de distribución normal.

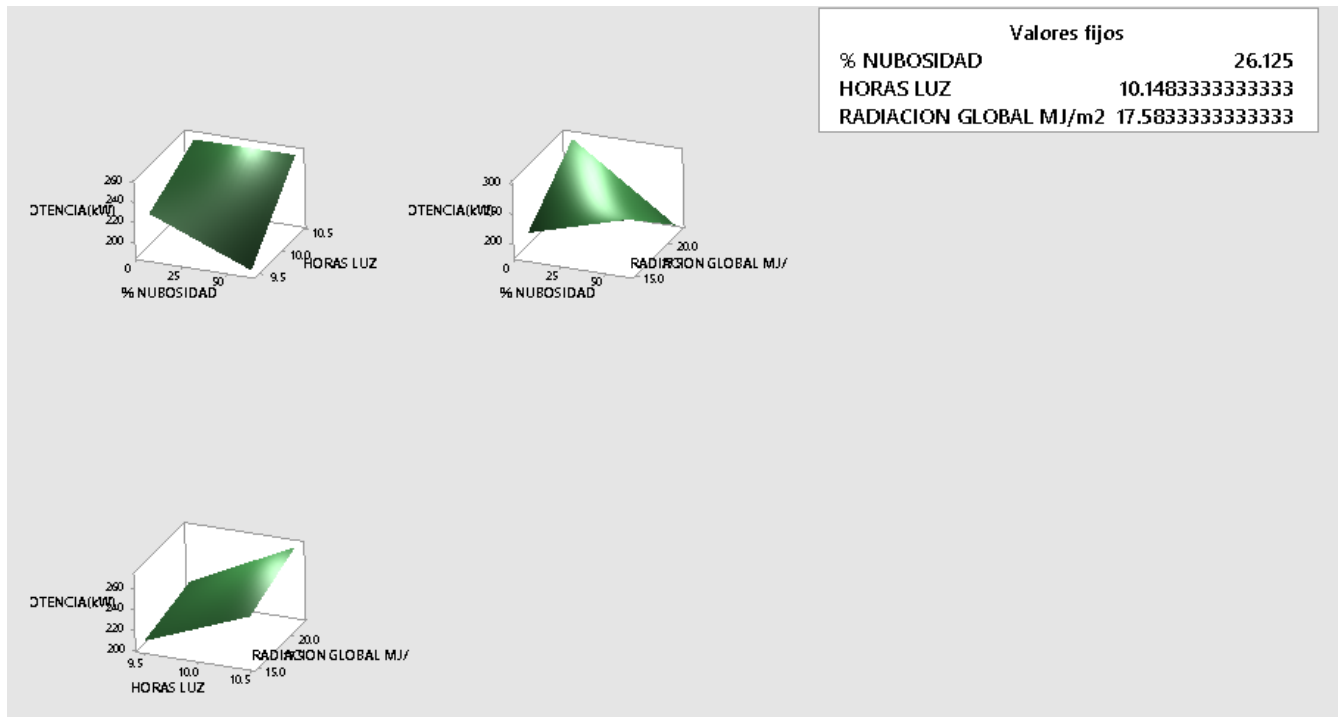


Analizando los datos del experimento según **APÉNDICE 13. Gráfica de residuales estandarizados contra los valores ajustados, potencia, % de nubosidad, horas luz y radiación global**, muestra los valores sin punto atípico potencial (los residuales estandarizados son aproximadamente normales con media cero y varianza unitaria no superando 3 o 4 desviaciones estándar).

En la **Ilustración 19** se representa las gráficas de contorno de la superficie generada por la ecuación del consumo de potencia. El examen de esta superficie de respuesta de segundo orden (hay curvatura en el sistema) encuentra el conjunto óptimo de condiciones de operación para la potencia, así como para caracterizar la naturaleza de la superficie de respuesta tridimensional de la **Ilustración 20** donde se indica la potencia en kW como una función del porcentaje de nubosidad, las horas luz y la radiación global.



**Ilustración 19.** Gráficas de contorno de Potencia (kW) del primer modelo. Programa Minitab



**Ilustración 20. Gráficas de superficie de Potencia (kW) del primer modelo. Programa Minitab**

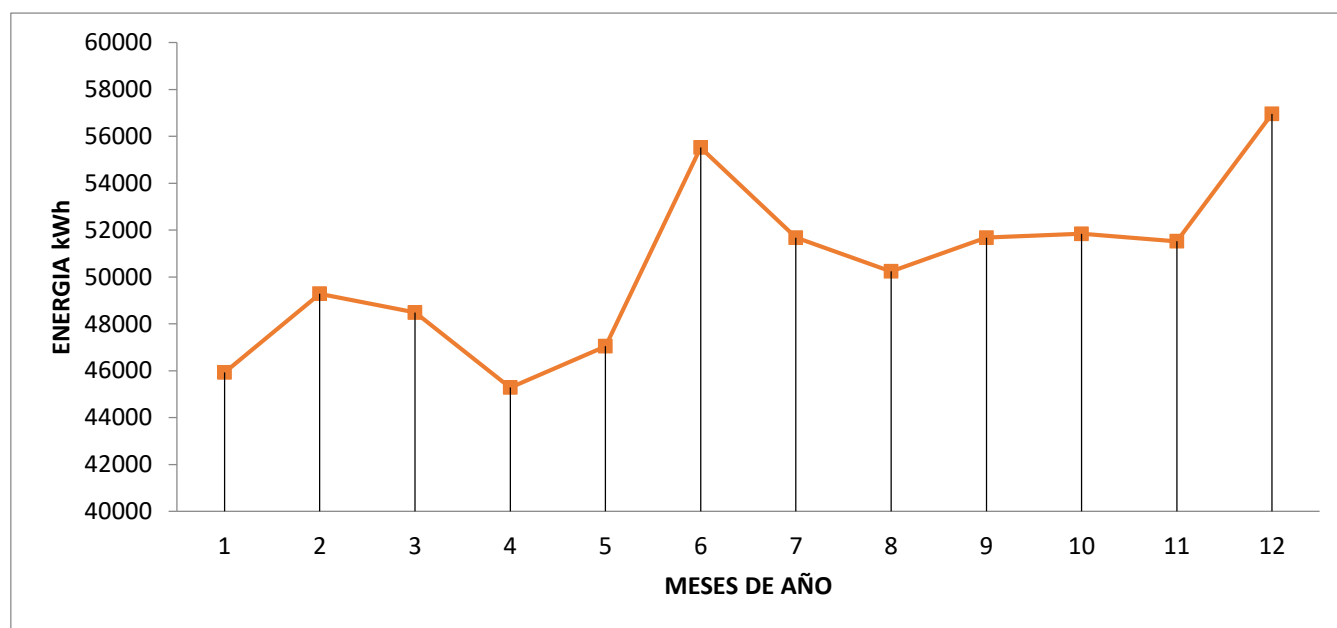
#### 4.2.2 Modelo anual con variable dependiente Energía

La segunda variable de respuesta analizada con los datos recopilados anuales es la Energía en el recibo anual de la CNFL suministrado, el gasto energético en el edificio del MTSS de los recibos eléctricos es en función de la energía total.

Se llevó a cabo un modelo con la facturación anual y los datos colectados por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) climatológicos. Los datos mensuales fueron los siguientes:

MESES	ENERGIA(kWh)	PROMEDIO LLUVIA(mm)	Tamb (°C)	HORAS LUZ	RADIACION GLOBAL MJ/m2
1	45 920	29.5	25.1	10.01	17
2	49 280	20.5	26	9.46	20
3	48 480	22.5	26.6	9.61	22
4	45 280	54.5	26.7	10.27	21
5	47 040	114.5	25.8	10.43	18
6	55 520	137.5	25.4	10.47	16
7	51 680	124	25.2	10.43	16
8	50 240	133.5	25.2	10.35	17
9	51 680	156	25	10.42	17
10	51 840	155	24.7	10.37	16
11	51 520	113	24.6	10.27	15
12	56 960	60.5	24.6	9.69	16

*Tabla 25. Muestras de datos mensuales del año 2018 recopilados por distintas plataformas nacionales e internacionales para el modelo de primer orden*



*Ilustración 21. Gráfico de energía consumida contra los meses del año 2018*

El modelo de regresión utilizado para obtener los análisis adecuados fue con la ecuación (16) como modelo de primer orden. Los regresores utilizados en el modelo fueron la temperatura, horas luz, radiación global y el promedio de lluvia y como variable dependiente la energía (kWh).

La cantidad de datos es mínima al hacerlo anual, a continuación, se analiza en la **Tabla 26** el ANOVA del modelo de primer orden:

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	4	109494105	27373526	6.64	0.016
PROMEDIO LLUVIA (mm)	1	41031130	41031130	9.95	0.016
Tamb (°C)	1	14483917	14483917	3.51	0.103
HORAS LUZ	1	54109982	54109982	13.12	0.008
RADIACION GLOBAL MJ/m2	1	25102408	25102408	6.09	0.043
Error	7	28865362	4123623		
Total	11	138359467			

### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
2030.67	79.14%	67.22%	20.71%

### Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	89898	49981	1.80	0.115	
PROMEDIO LLUVIA(mm)	88.9	28.2	3.15	0.016	5.79

Tamb (°C)	6490	3463	1.87	0.103	16.72
HORAS LUZ	-15925	4396	-3.62	0.008	6.79
RADIACION GLOBAL MJ/m2	-2903	1177	-2.47	0.043	18.44

### Ecuación de regresión

$$\text{ENERGIA(kWh)} = 89898 + 88.9 \text{ PROMEDIO LLUVIA(mm)} + 6490 \text{ Tamb (}^\circ\text{C)} - 15925 \text{ HORAS LUZ} - 2903 \text{ RADIACION GLOBAL MJ/m}^2$$

*Tabla 26. ANOVA segundo modelo de primer orden. Minitab*

En el análisis de varianza se concluye de acuerdo a los valores de p los datos del modelo con interacción son significativos menos la Tamb (°C) para el nivel de significancia del 0.05 que fue el nivel de significancia aceptado.

La  $R^2$  mide la proporción de la variabilidad total explicada por el modelo (79.14%).

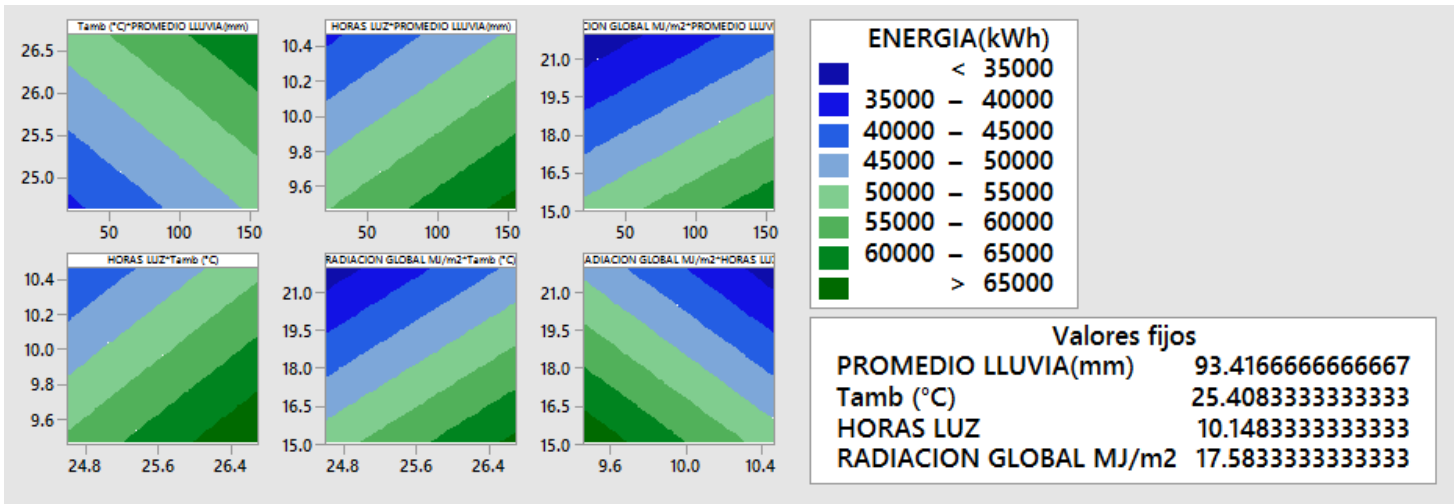
La  $R^2$  ajustado es un estadístico que está ajustado para el tamaño del modelo, puede decrecer en realidad por agregar términos no significativos al modelo.

La  $R^2$  predicha espera que se explique cerca de 21% de la variabilidad de los datos nuevos.

Según el **APÉNDICE 14. Gráficas de probabilidad normal, histograma, orden y valor ajustado contra residuos estandarizados del modelo de primer orden** representadas se identifica una simetría de distribución normal.

Analizando los datos del experimento según **APÉNDICE 15. Gráfica de residuales estandarizados contra los valores ajustados, promedio de lluvia, temperatura ambiente (°C), horas luz y radiación global**, muestra los valores sin punto atípico potencial (los residuales estandarizados son aproximadamente normales con media cero y varianza unitaria no superando 3 o 4 desviaciones estándar).

En la **Ilustración 22** se representa las gráficas de contorno de la superficie generada por la ecuación del consumo de potencia. El examen de esta superficie de respuesta de primer orden encuentra el conjunto óptimo de condiciones de operación para la energía, así como para caracterizar la naturaleza de la superficie de respuesta tridimensional de la **Ilustración 23** donde se indica la energía en kWh como una función del promedio de lluvia, temperatura ambiente, horas luz y la radiación global.



**Ilustración 22.** Gráficas de superficie de Energía (kWh). Programa Minitab



**Ilustración 23.** Gráficas de contorno de Energía (kWh). Programa Minitab

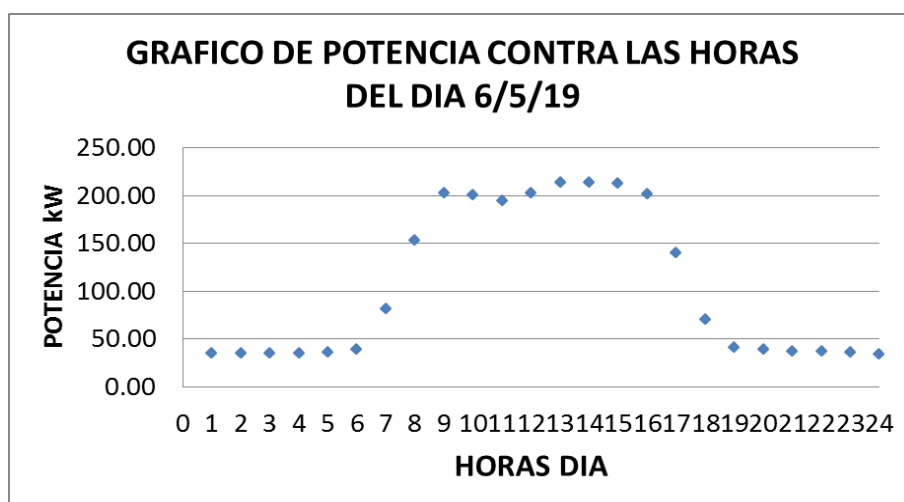
#### 4.2.3 Modelo de datos diarios con variable dependiente Potencia

El tercer modelo utilizado es ajuste de regresión con datos diarios, se analizan las 24 horas del día para obtener mejores resultados y evaluar la potencia en el análisis del edificio con las respectivas variables independientes.

Los datos diarios fueron los siguientes:

HORA	POTENCIA kW	TEMPERATURA °C	RADIACION GLOBAL MJ/m2	FP
1	35.14	18	0	0.9996
2	34.83	18	0	0.9998
3	34.85	18	0	0.9996
4	35.12	18	0	0.9994
5	35.51	18	0	0.9995
6	38.77	18	0	0.9985
7	81.45	19	0.2	0.9676
8	153.36	20	0.5	0.9403
9	202.24	22	1.3	0.9357
10	201.01	23	1.3	0.9349
11	194.90	24	1.2	0.9392
12	202.79	25	3.1	0.9349
13	213.68	25	2	0.9360
14	213.89	24	1.3	0.9322
15	213.06	23	1.1	0.9336
16	201.45	22	0.6	0.9374
17	140.46	21	0.2	0.9396
18	70.58	20	0	0.9742
19	41.41	19	0	0.9992
20	39.25	18	0	0.9983
21	36.56	18	0	0.9995
22	36.66	18	0	0.9994
23	35.56	18	0	0.9995
24	33.81	18	0	0.9996

*Tabla 27 Muestras de datos diarios para el modelo de segundo orden con interacción*



*Ilustración 24. Variable dependiente en kW contra horas del día 6 de mayo del 2019.*

El modelo de regresión utilizado para obtener los análisis adecuados fue con la ecuación (17) como modelo de segundo orden con interacción. Los regresores utilizados en el modelo fueron la temperatura, radiación global y el factor de potencia y como variable dependiente la potencia.

El modelo de segundo orden con interacción el cual en los resultados se identifica que las variables climatológicas independientes son significativas menos la hora diaria en la potencia del edificio.

La cantidad de datos es el doble de los anteriores modelos, al hacerlo diario, a continuación, se analiza en la **Tabla 28** el ANOVA del modelo de segundo orden con interacción:

<b>Análisis de Varianza</b>					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	6	141931	23655.2	500.20	0.000
TEMPERATURA °C	1	671	671.0	14.19	0.002
RADIACION GLOBAL MJ/m <sup>2</sup>	1	9	9.2	0.19	0.665
FP	1	390	389.7	8.24	0.011
TEMPERATURA °C*RADIACION GLOBAL MJ/m <sup>2</sup>	1	1177	1177.2	24.89	0.000
TEMPERATURA °C*FP	1	600	600.1	12.69	0.002
RADIACION GLOBAL MJ/m <sup>2</sup> *FP	1	0	0.2	0.00	0.946
Error	17	804	47.3		
Total	23	142735			



## Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
6.87689	99.44%	99.24%	98.67%

## Coeficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	-4234	1414	-2.99	0.008	
TEMPERATURA °C	286.4	76.0	3.77	0.002	18819.20
RADIACION GLOBAL MJ/m2	346	786	0.44	0.665	198320.12
FP	4265	1486	2.87	0.011	1012.40
TEMPERATURA °C*RADIACION GLOBAL MJ/m2	-11.95	2.39	-4.99	0.000	1110.31
TEMPERATURA °C*FP	-286.1	80.3	-3.56	0.002	11621.84
RADIACION GLOBAL MJ/m2*FP	-58	841	-0.07	0.946	198527.18

## Ecuación de regresión

POTENCIA kW	=	-4234 + 286.4 TEMPERATURA °C + 346 RADIACION GLOBAL MJ/m2 + 4265 FP - 11.95 TEMPERATURA °C*RADIACION GLOBAL MJ/m2 - 286.1 TEMPERATURA °C*FP - 58 RADIACION GLOBAL MJ/m2*FP
-------------	---	--

## Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	POTENCIA		Resid		R
	kW	Ajuste	Resid	est.	
16	201.45	180.64	20.80	3.32	

Residuo grande R

**Tabla 28. ANOVA tercer modelo de segundo orden con interacción. Minitab**

En el análisis de varianza eliminando un regresor (hora) se concluye de acuerdo a los valores de  $p$  los datos del modelo con interacción son significativos menos la radiación global para el nivel de significancia del 0.05 que fue el nivel de significancia aceptado.

La  $R^2$  mide la proporción de la variabilidad total explicada por el modelo (99.44%).

La  $R^2$  ajustado es un estadístico que está ajustado para el tamaño del modelo, puede decrecer en realidad por agregar términos no significativos al modelo.

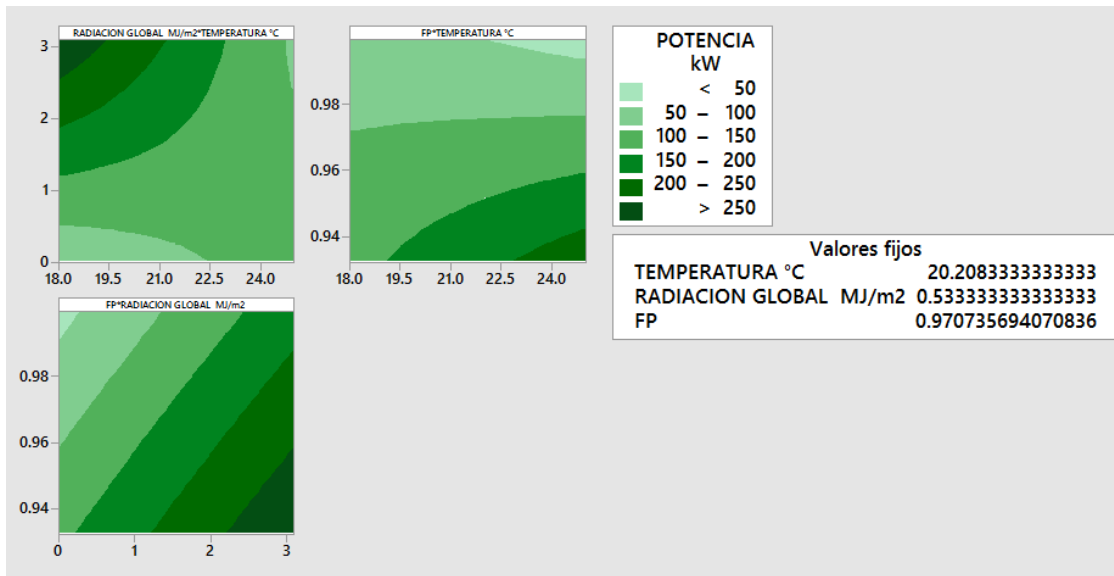
La  $R^2$  predicha espera que se explique cerca de 99% de la variabilidad de los datos nuevos.

Según el **APÉNDICE 16. Gráficas de probabilidad normal, histograma, orden y valor ajustado contra residuos estandarizados del modelo de segundo orden con interacción** representadas se identifica una simetría de distribución normal.

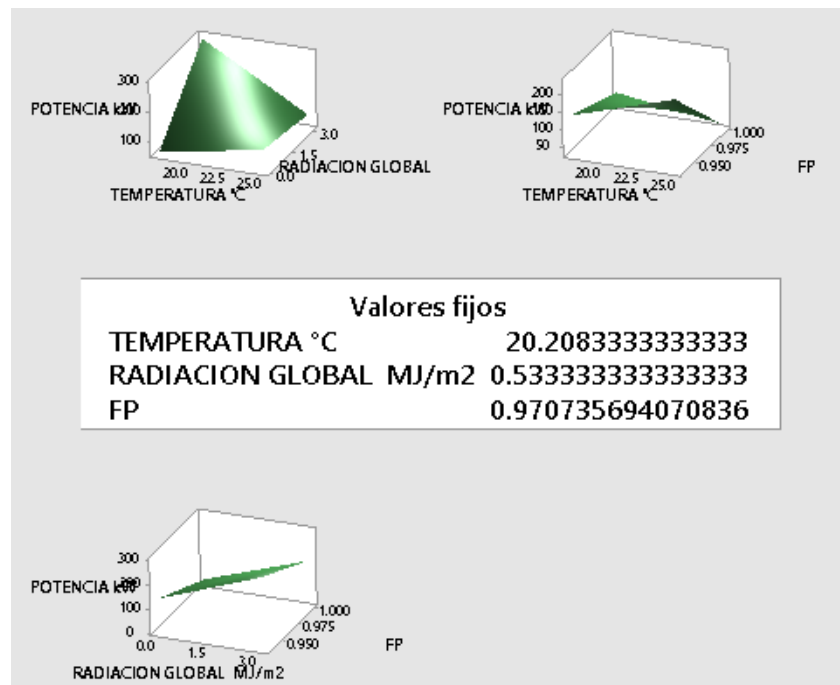
Analizando los datos del experimento según el **APÉNDICE 17. Gráfica de residuales estandarizados contra los valores ajustados, promedio de lluvia, temperatura ambiente (°C), horas luz y radiación global**, muestra los valores un punto atípico potencial reflejados en el histograma y la gráfica de probabilidad normal donde se identifica asimetría de distribución normal.

En la **Ilustración 25** se representa las gráficas de contorno de la superficie generada por la ecuación del consumo de potencia. El examen de esta superficie de respuesta de segundo orden con interacción encuentra el conjunto óptimo de condiciones de operación para la potencia, así como para caracterizar la naturaleza de la superficie

de respuesta tridimensional de la **Ilustración 26** donde se indica la potencia en kW como una función del FP, temperatura y la radiación global.



**Ilustración 25.** Gráficas de contorno de Potencia (kW) del tercer modelo. Programa Minitab

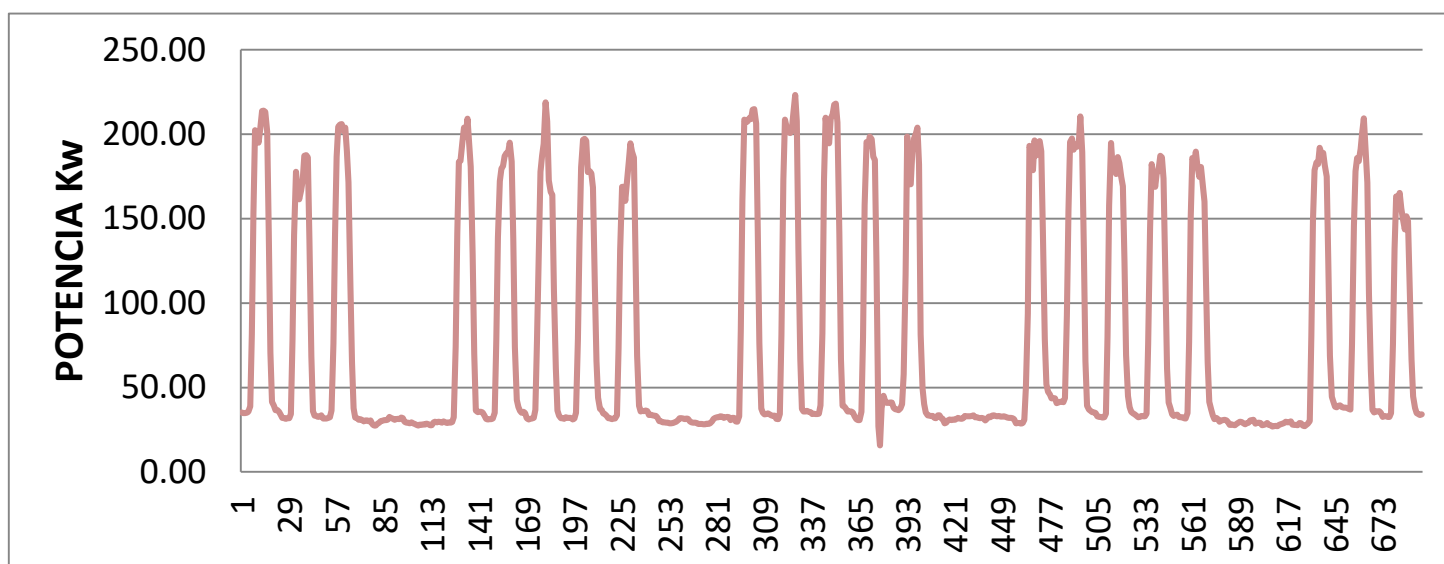


**Ilustración 26.** Gráficas de superficie de Potencia (kW) del tercer modelo. Programa Minitab

#### 4.2.4 Modelo con horas en un mes sin fines de semana con variable dependiente Potencia

Finalmente, con los datos del perfil de carga suministrados por la CNFL y los datos colectados por el IMN climatológicos, se estimó la máxima potencia demandada a través del tiempo.

El modelo de regresión utilizado para obtener los análisis fue con la ecuación (16) como modelo de primer orden en el cual los resultados se identifican que las variables climatológicas independientes son significativas en la potencia del edificio. Se graficaron los 696 datos del perfil de carga quinceminutales entre mayo y junio del periodo en estudio 2019.



*Ilustración 27. Variable dependiente en kW contra los 696 datos entre mayo y junio del 2019*

La cantidad de datos se reducen a 504 horas, eliminando horarios no laborales y fines de semana que los equipos eléctricos están apagados o son de utilización mínima, a continuación, se analiza en la **Tabla 29** el ANOVA del modelo de primer orden:

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	3	1998601	666200	630.66	0.000
HORAS DIARIAS	1	16298	16298	15.43	0.000
RADIACION GLOBAL MJ/m2	1	227738	227738	215.59	0.000
TEMPERATURA	1	142008	142008	134.43	0.000
Error	500	528177	1056		
Falta de ajuste	211	513515	2434	47.97	0.000
Error puro	289	14662	51		
Total	503	2526778			

### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
32.5016	79.10%	78.97%	78.80%

### Coeficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	-184.9	20.6	-8.98	0.000	
HORAS DIARIAS	-0.914	0.233	-3.93	0.000	1.24
RADIACION GLOBAL MJ/m2	39.83	2.71	14.68	0.000	3.01
TEMPERATURA	13.16	1.13	11.59	0.000	3.20

### Ecuación de regresión

$$\text{kW L-V} = -184.9 - 0.914 \text{ HORAS DIARIAS} + 39.83 \text{ RADIACION GLOBAL MJ/m}^2 + 13.16 \text{ TEMPERATURA}$$

### Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	kW L-V	Ajuste	Resid	Resid est.		
8	153.36	77.76	75.60	2.33	R	
9	202.24	135.02	67.22	2.07	R	
14	213.89	143.61	70.28	2.17	R	
15	213.06	134.73	78.33	2.41	R	
16	201.45	113.91	87.54	2.70	R	
40	186.20	109.92	76.28	2.35	R	
57	186.67	115.11	71.56	2.21	R	
58	204.36	126.15	78.22	2.41	R	
59	205.78	125.23	80.55	2.48	R	
60	206.01	120.33	85.67	2.64	R	
61	201.90	99.51	102.39	3.16	R	
62	203.93	102.58	101.36	3.12	R	
63	190.07	88.50	101.57	3.13	R	
64	171.50	71.66	99.85	3.08	R	

80	140.80	69.80	71.01	2.19	R	
112	183.74	108.71	75.03	2.31	R	
79	160.44	228.43	-67.98	-2.10	R	
180	171.33	248.64	-77.31	-2.40	R	
183	189.61	124.00	65.61	2.03	R	
224	173.17	73.78	99.40	3.06	R	
225	208.53	131.04	77.49	2.39	R	
248	172.97	89.71	83.26	2.57	R	
256	206.92	137.80	69.12	2.13	R	
272	157.91	73.78	84.13	2.59	R	
280	27.00	99.54	-72.53	-2.24	R	
327	195.80	126.77	69.03	2.13	R	
328	189.75	112.69	77.06	2.37	R	
344	154.88	86.94	67.94	2.09	R	
345	195.25	120.31	74.95	2.32	R	
351	210.49	124.00	86.49	2.68	R	
352	189.33	115.12	74.22	2.30	R	
373	186.51	264.87	-78.36	-2.43	R	
445	188.25	212.23	-23.98	-0.75		X

493	149.82	225.04	-75.22	-2.33	R	
494	143.69	238.84	-95.15	-2.95	R	

*Residuo grande R*  
*X poco común X*

**Tabla 29. ANOVA cuarto modelo de primer orden. Minitab**

En el análisis de varianza se concluye de acuerdo a los valores de  $p$  los datos del modelo son significativos para el nivel de significancia del 0.05 que fue el nivel de significancia aceptado.

La  $R^2$  mide la proporción de la variabilidad total explicada por el modelo (79.10%).

La  $R^2$  ajustado es un estadístico que está ajustado para el tamaño del modelo, puede decrecer en realidad por agregar términos no significativos al modelo.

La  $R^2$  predicha espera que se explique cerca de 79% de la variabilidad de los datos nuevos.

Según **APÉNDICE 18. Gráficas de probabilidad normal, histograma, orden y valor ajustado contra residuos estandarizados del modelo de primer orden** se identifica una simetría de distribución normal.

Analizando los datos del experimento según **APÉNDICE 19. Gráfica de residuales estandarizados contra los valores ajustados, potencia, horas diarias, radiación global y temperatura**, se muestra los valores con pocos puntos atípicos potenciales reflejados.

En la **Ilustración 28** se representa las gráficas de contorno de la superficie generada por la ecuación del consumo de potencia. El examen de esta superficie de respuesta de primer orden encuentra el conjunto óptimo de condiciones de operación para la potencia, así como para caracterizar la naturaleza de la superficie de respuesta tridimensional de la **Ilustración 29** donde se indica la potencia en kW como una función de horas diarias, temperatura y la radiación global.



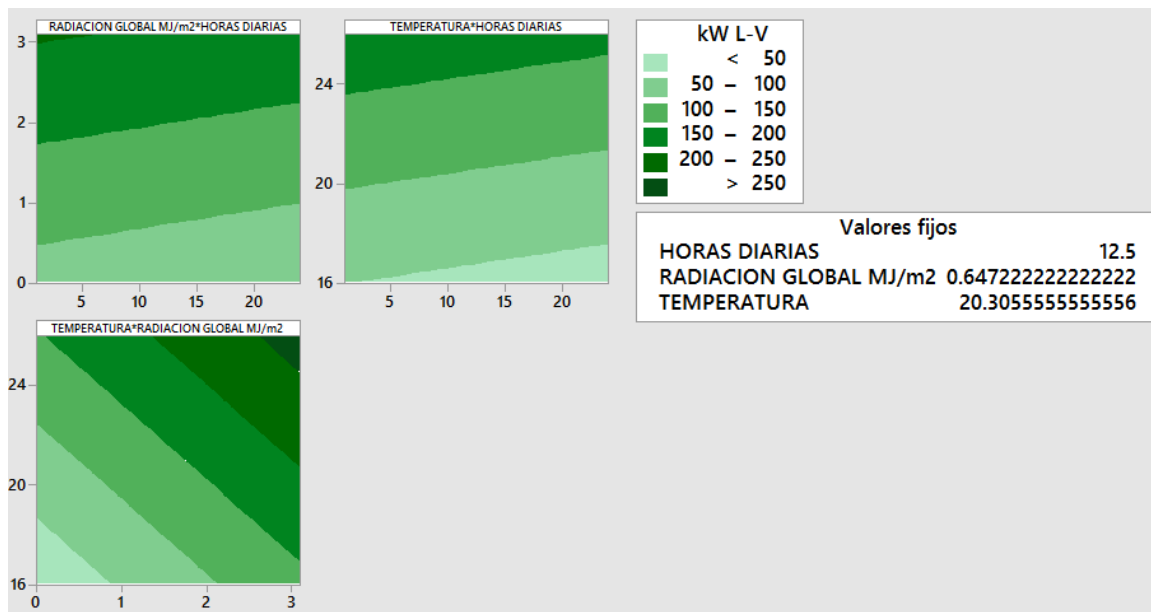


Ilustración 28. Gráficas de contorno de Potencia (kW) del cuarto modelo. Programa Minitab

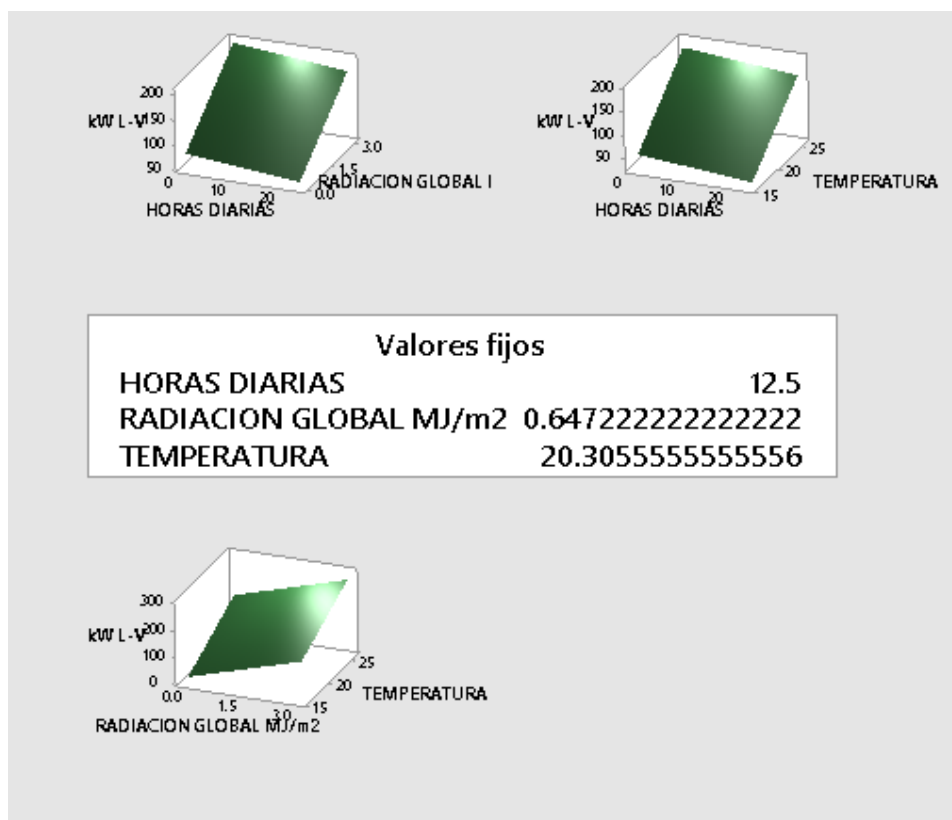


Ilustración 29. Gráficas de superficie de Potencia (kW) del cuarto modelo. Programa Minitab

Los datos analizados de los cuatro modelos concluyeron que las diferentes fases de atención se basan en la muestra de datos de estudio suministrado como retrospectivo y experimento diseñado como fin de descripción de datos, estimación de parámetros, predicción, estimación y control.

Con los datos de 1 año (menos datos) se determinó que la demanda máxima depende de la interacción de porcentaje de nubosidad, horas luz y radiación global. Datos de base importante de la generación fotovoltaica.

Con los datos de energía obtuvimos únicamente cerca de 21% de la variabilidad de los datos nuevos en la  $R^2$  predicha. Se descarta continuar analizando la energía como variable dependiente.

Con el tercer modelo de datos se buscaba entender el comportamiento de la potencia diaria, para analizar el tiempo donde se debe disminuir los arranques de intensidad de corriente por medio de almacenamiento de baterías o "*peak shaving*". Según los resultados coinciden con la hora programada de funcionamiento del chiller.

En el último modelo se analizan 696 horas en 29.5 días logrando significancia en las horas, la temperatura y la radiación global como variables independientes de la potencia y factores indispensables en factibilidad de almacenamiento de energía y generación fotovoltaica, pero con muchos valores atípicos de los regresores contra los residuales estandarizados. Con la gráfica de potencia en las horas de un mes nos damos cuenta que los puntos atípicos de las fases eran por los fines de semana que no trabajaba el sistema de agua helada y como punto de acción se disminuyeron los datos a 504 horas generando un mejor ajuste al sistema.

Los resultados estadísticos del comportamiento de las variables climatológicas son importantes para las propuestas de proyectos establecidas en el capítulo anterior de disminución de las emisiones de electricidad. Posteriormente, se hace un análisis exhaustivo en las etapas de cumplimiento de los objetivos faltantes de diseños energéticos y análisis económico.

### 4.3 Resultados del diseño y modulación del sistema de generación fotovoltaica y almacenamiento eléctrico

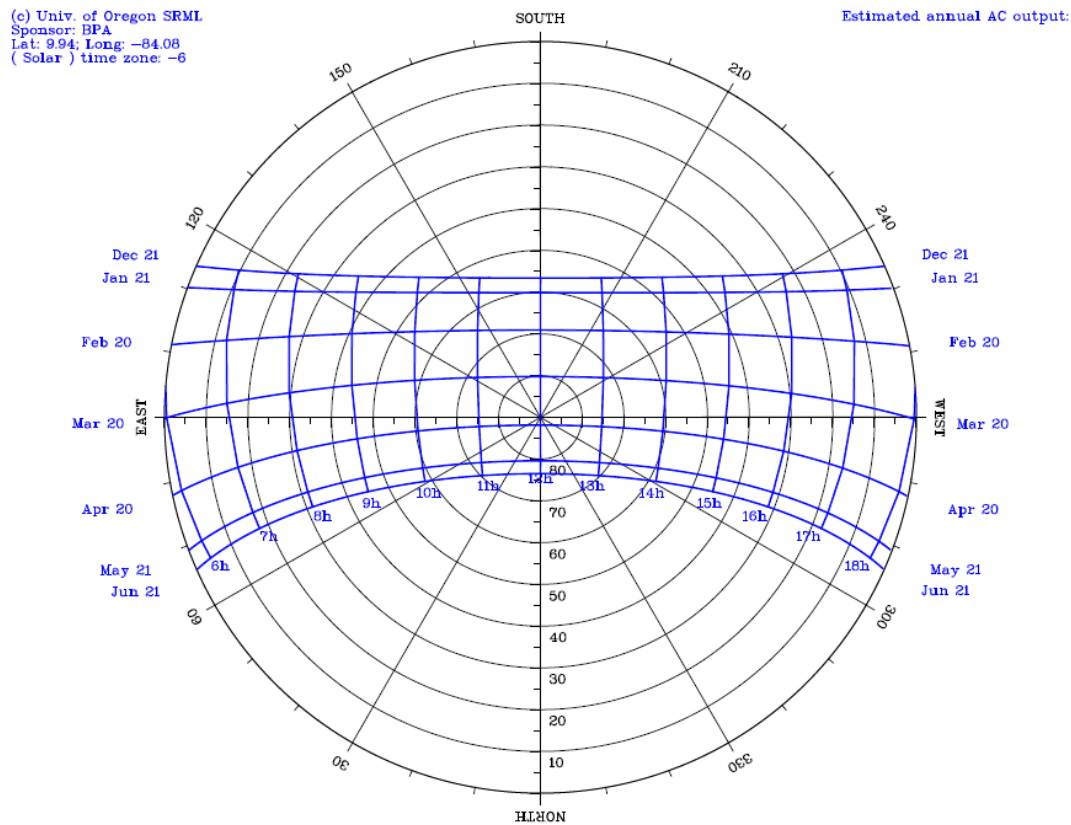
#### 4.3.1 Resultados del análisis del recurso solar

Primeramente, se hizo un análisis de ubicación geográfica y de Recurso Solar en el edificio del MTSS. Con base a los temas analizados se efectuaron el diagrama estereográfico de la **Ilustración 31** y los cilíndricos respectivamente que se corresponde con la ubicación geográfica del edificio (latitud: 9.94 N, longitud: 84.08 O) utilizando como referencia el Norte para el ángulo acimut representado en la **Ilustración 30**.



*Ilustración 30. Ubicación geográfica del edificio Pbro. Benjamín Núñez*

En los diagramas de la **Ilustración 32** y la **Ilustración 33** se analizó que en abril y agosto se determina observando la trayectoria del diagrama que tiene una altura solar igual a  $90^\circ$ . Como estamos en el Trópico, existirán meses en el año en los cuales el sol está orientado hacia el Norte. Las trayectorias que corresponden a los meses de mayo, junio y julio en los diagramas indican que un observador deberá mirar hacia el Norte para ubicar al sol y los meses enero, febrero, marzo, setiembre, octubre, noviembre y diciembre se deben mirar hacia el Sur.



**Ilustración 31. Diagrama estereográfico. Fuente: Laboratorio de Radiación Solar de la Universidad de Oregon**

Para la orientación solar se establece un cuadro resumen en el **APÉNDICE 20. Tabla resumen de orientación, inclinación, HSP y radiación del proyecto** el cual se analiza lo explicado anteriormente en los diagramas la orientación del sol y los ángulos óptimos de inclinación del panel respecto a la tabla de Factor K con una latitud de  $10^\circ$  según se identifica en el **ANEXO 16. Tabla de Factor K**. En el mismo se muestra los ángulos marcados que identifican los factores ideales según el ángulo escogido para obtener la energía solar por unidad de área (radiación) con ángulo óptimo ( $\text{MJ}/\text{m}^2/\text{mes}$ ) de la tabla de radiación global media del IMN generando resultados de  $1.82 \text{ MJ}/\text{m}^2/\text{año}$  y un promedio de HSP de 5.05 en la zona de estudio.

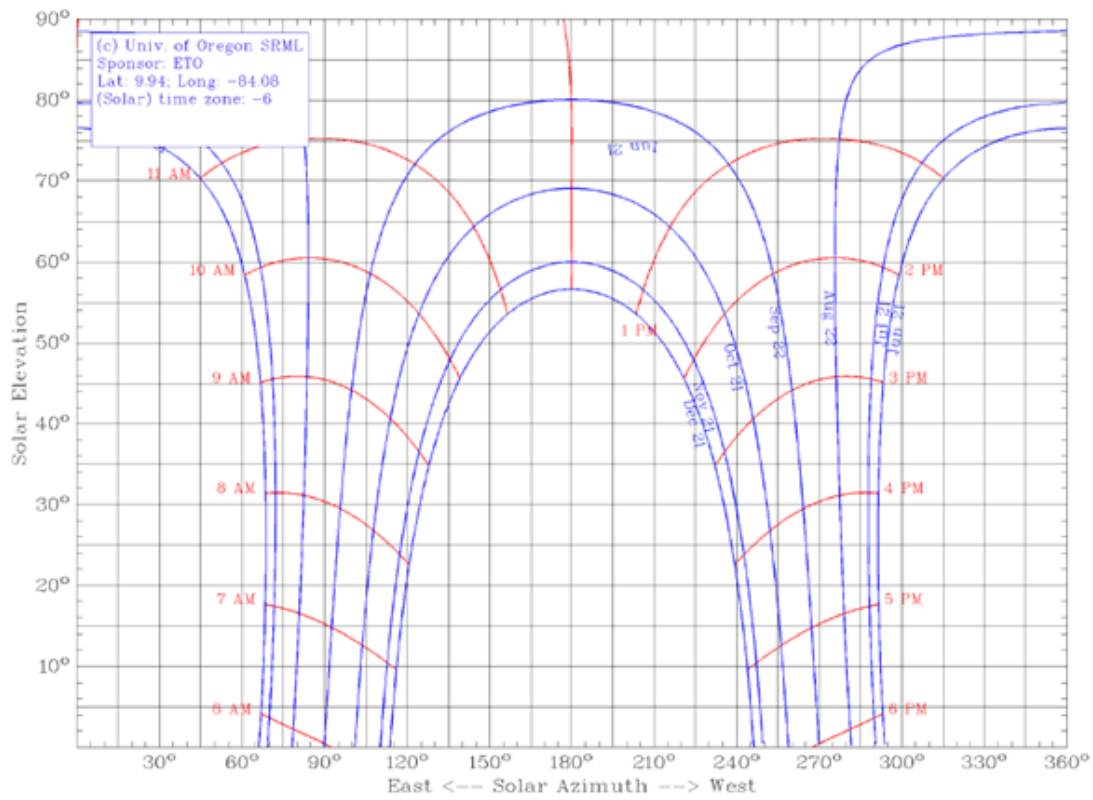


Ilustración 32 .Diagrama cilíndrico meses de junio a diciembre. Fuente: Universidad de Oregon

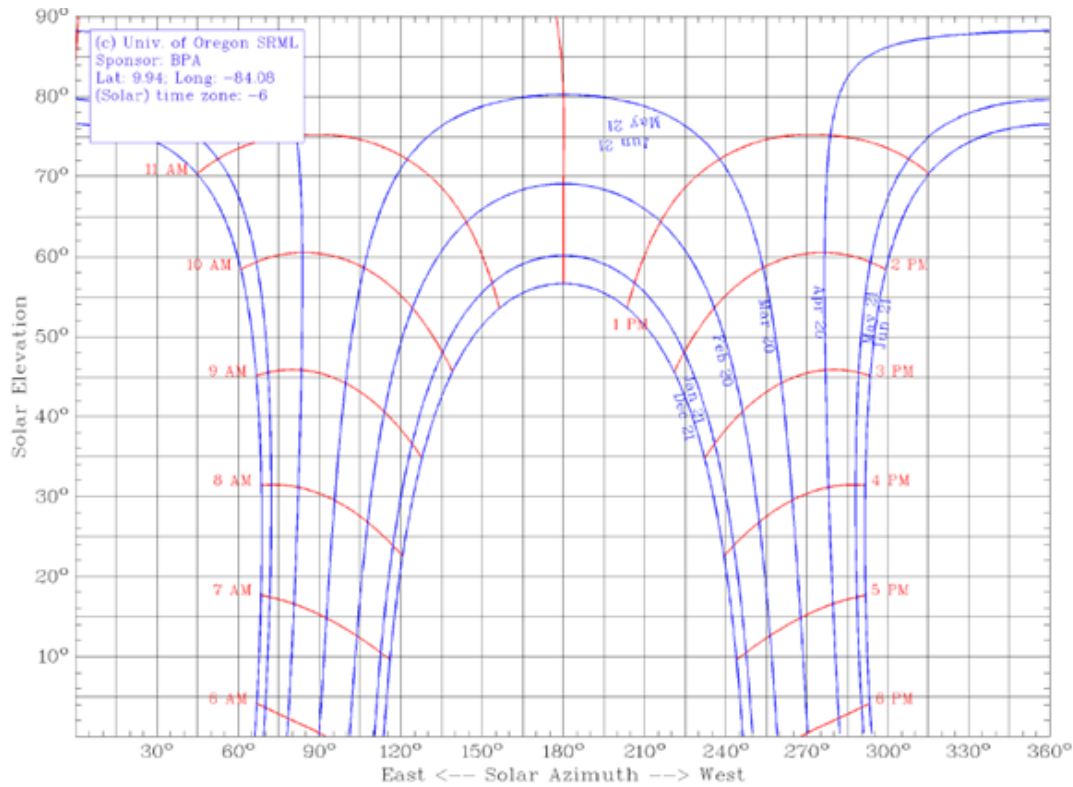


Ilustración 33. Diagrama cilíndrico meses de diciembre a junio. Fuente: Universidad de Oregon

#### 4.3.2 Resultados de la generación fotovoltaica

El lugar específico y el área aprovechable para el proyecto propuesto es en la azotea del edificio y el techo del parqueo, contando aproximadamente con un área de 545 m<sup>2</sup> donde se analizaron primeramente los medios de egreso y de mantenimiento del sistema rebajando un porcentaje considerable por la forma de las láminas de techos con la azotea, se genera poca sombra potencial y se desea ejecutar un panel con una dimensión de 2.25 m<sup>2</sup> de superficie.

El proyecto cuenta con un área de 545 m<sup>2</sup>. De acuerdo a lo establecido en el **ANEXO 17. Hoja de datos del panel fotovoltaico propuesto. Referencia Longi**, el panel fotovoltaico tiene un perímetro de 2 115 mm (2.115 m) x 1 052 mm (1.052 m). Lo que representa un área por panel de 2.225 m<sup>2</sup>. En este caso, dejando espacios entre paneles se tiene que:

Número de paneles=Área disponible/Área por panel

Número de paneles= 545 m<sup>2</sup> / 2.225 m<sup>2</sup>

Número de paneles=244.94

En este caso el mayor número de paneles que se pueden instalar es de 245 con una capacidad teórica total del proyecto fotovoltaico de 107 800 W de potencia ya que el panel mono cristalino tiene una capacidad individual de 440 W.

Dado que de momento no hay limitaciones de voltaje y corriente se pueden realizar las siguientes combinaciones en los 2 inversores de 12 cadenas cada uno:

- 10 cadenas en paralelo, cada cadena conformada de 11 módulos en serie
- 10 cadenas en paralelo, cada cadena conformada de 12 módulos en serie
- 1 cadena en paralelo, conformada de 15 módulos en serie

Cada modulación representa tensiones, intensidad de corriente y potencia el cual se debe calcular los valores de  $V_{oc}$ ,  $V_{mp}$ ,  $I_{sc}$ ,  $I_{mp}$  y  $P_{mp}$  para cada una de las configuraciones.

Recordando que la configuración en serie, mantiene la corriente constante y suma las tensiones. Mientras que la configuración en paralelo mantiene los voltajes constantes y suma las corrientes. De la hoja de datos se tiene:

$$V_{mp} = 41.0 \text{ V}$$

$$I_{mp} = 10.74 \text{ A}$$

$$V_{oc} = 49.6 \text{ V}$$

$$I_{sc} = 11.33 \text{ A}$$

$$P_{mp} = 440 \text{ W}$$

El siguiente punto en la instalación es el convertidor de DC a AC o inversor trifásico.

Se obtienen los valores tomando como predeterminado la combinación de cadenas en paralelo, cada cadena conformada de módulos en serie por los resultados establecidos para la escogencia de equipos:

<b>10 STRING DE 11 PANELES</b>	
<b>V<sub>oc</sub></b>	545.60 V
<b>V<sub>mp</sub></b>	451.00 V
<b>I<sub>sc</sub></b>	113.30 A
<b>I<sub>mp</sub></b>	107.40 A
<b>P<sub>mp</sub></b>	4840 W
<b>S<sub>total</sub></b>	545.12 m <sup>2</sup>
<b>S<sub>cadena</sub></b>	24.47 m <sup>2</sup>

10 STRING DE 12 PANELES	
<b>V<sub>oc</sub></b>	595.20 V
<b>V<sub>mp</sub></b>	492.00 V
<b>I<sub>sc</sub></b>	113.30 A
<b>I<sub>mp</sub></b>	107.40 A
<b>P<sub>mp</sub></b>	5280 W
<b>S<sub>total</sub></b>	545.12 m <sup>2</sup>
<b>S<sub>cadena</sub></b>	26.70 m <sup>2</sup>

1 STRING DE 15 PANELES	
<b>V<sub>oc</sub></b>	744.00 V
<b>V<sub>mp</sub></b>	615.00 V
<b>I<sub>sc</sub></b>	11.33 A
<b>I<sub>mp</sub></b>	10.74 A
<b>P<sub>mp</sub></b>	6600 W
<b>S<sub>total</sub></b>	545.12 m <sup>2</sup>
<b>S<sub>cadena</sub></b>	33.37 m <sup>2</sup>

**Tabla 30. Propuestas de instalación de paneles con 2 inversores de 50kW**

Los inversores utilizados en la planta son trifásicos, con marca de referencia SMA de potencia de 50 kW (**ANEXO 18. Hoja de datos del inversor propuesto. Referencia SMA de 50 kW**), los cuales tienen una entrada máxima en DC de potencia máxima de 65 000 W. Además, cuentan con 12 strings de paneles, tienen una salida en AC de 50 kW en una tensión de 480/277V.

De la hoja de datos de los paneles se tiene que los coeficientes de pérdida por temperatura, voltaje y corriente. Además, las temperaturas nominales de la celda son:



Temperatura ambiente mínima: 17°C

Temperatura ambiente máxima: 27°C

TK  $I_{sc}$  0.057 %/°C

Tk  $V_{oc}$  -0.286 %/°C

NOCT 45 ±2°C

Seguidamente en el **APÉNDICE 21. Cálculo de parámetros fotovoltaicos por las temperaturas de las celdas** se demuestra los cálculos de la temperatura nominal mínima y máxima de la celda con la variación de parámetros utilizando la ecuación (21), el resumen se presenta en la **Tabla 31** con la combinación seleccionada:

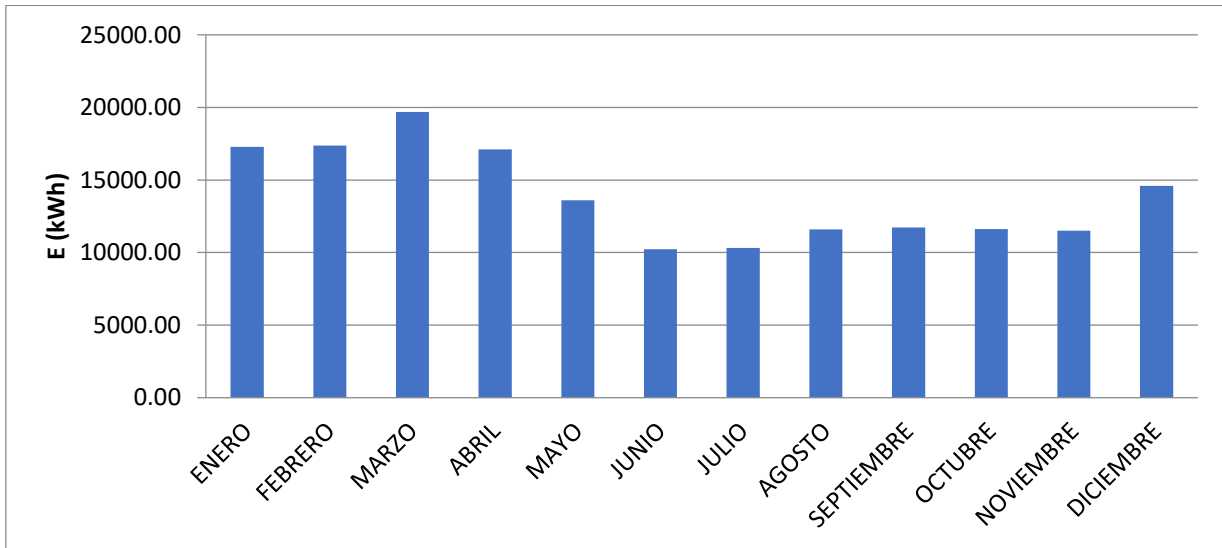
10 STRING 12 PANELES			DATOS CON T min (17°C)			DATOS CON T máx. (27°C)		
$V_{oc} =$	595.20	V	$V_{oc} =$	555.62	V	$V_{oc} =$	538.60	V
$V_{mp} =$	492.00	V	$V_{mp} =$	459.28	V	$V_{mp} =$	445.21	V
$I_{sc} =$	113.30	A	$I_{sc} =$	114.80	A	$I_{sc} =$	115.45	A
$I_{mp} =$	107.40	A	$I_{mp} =$	108.82	A	$I_{mp} =$	109.44	A
$P_{mp} =$	5280	W	$P_{mp} =$	4825.79	W	$P_{mp} =$	4630.43	W

*Tabla 31. Tabla resumen variación de parámetros fotovoltaicos con la temperatura*

#### 4.3.3 Resultados de estimación de producción

En primera instancia se hizo un estimado de la energía obtenida de la instalación propuesta a partir de la ecuación (22) y posteriormente se estimó de manera mensual con la ecuación (23). Generando un estimado de energía anual de 166.68 MWh.

Es importante resaltar que con los datos de hora solar pico y brillo solar (horas luz) se pueden dar estimaciones de irradiancia mensual en  $Wh/m^2$  y con base a los parámetros de pérdidas de potencia por variación de temperatura lograr la energía con base al modelo de estimación efectuado en el **APÉNDICE 22. Cálculo de estimación de producción.**



*Ilustración 34. Gráfica de estimación de producción por mes*

#### 4.3.4 Presentación de diseño de instalación de proyecto propuesto

Después de los inversores se utiliza un cableado THHN en AC ya que es la corriente presente en este punto.

El calibre de este conductor se calcula con la potencia del inversor, se divide entre la raíz de tres, multiplicado por el voltaje de operación el cual en este caso es de 480 V y el resultado se multiplica por 125%.

$$\frac{50\,000}{480 * \sqrt{3}} * 125\% = 75.17 \text{ A.}$$

Por lo que en este caso usamos calibre # 2 AWG THHN; esto según lo establecido en el **ANEXO 19. Tabla 310.16. Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones nominales de 0 a 2000 voltios y 60° C a 90° C (140° F a 194° F)**. de la NFPA 70, la cual en Costa Rica rige como Código Eléctrico Nacional.

Luego viene otro punto importante el cual es un tablero fotovoltaico en el cual desembocan las líneas provenientes de los 2 inversores, estos llegan a 2 disyuntores termomagnéticos los cuales se usan para protección de sobre corriente y calentamiento, se usa para proteger tanto los inversores y el cableado.

Estos disyuntores son de 80 A, y luego estos se unen en un principal seteado a 200 A de 3 polos (Trifásico), cabe destacar que en este punto la tensión presente es proveniente de los inversores el cual es de 480/277V.

El tablero estaría formado por 2 disyuntores individuales de 80 A correspondientes a los 2 inversores y el principal de 200 A que corresponde a la salida y la unión de todos:

$$\frac{50\,000 * 2}{480 * \sqrt{3}} * 125\% = 150.5 \text{ A.}$$

Con esta corriente, se calcula el cableado para este punto que igual que el anterior es en AC por lo tanto usamos calibre # 2/0 AWG; esto según lo establecido en el **ANEXO 19. Tabla 310.16. Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones nominales de 0 a 2000 voltios y 60° C a 90° C (140° F a 194° F)** de la NFPA70, la cual en Costa Rica rige como Código Eléctrico Nacional.

#### 4.3.5 Modelación y diseño de proyecto propuesto

Primero se hizo un estudio del lugar o área disponible para instalación de los 245 paneles. Se hace una propuesta en la **APÉNDICE 23. Área disponible de instalación en azotea y parqueo institucional del edificio Pbro. Benjamín Núñez.**

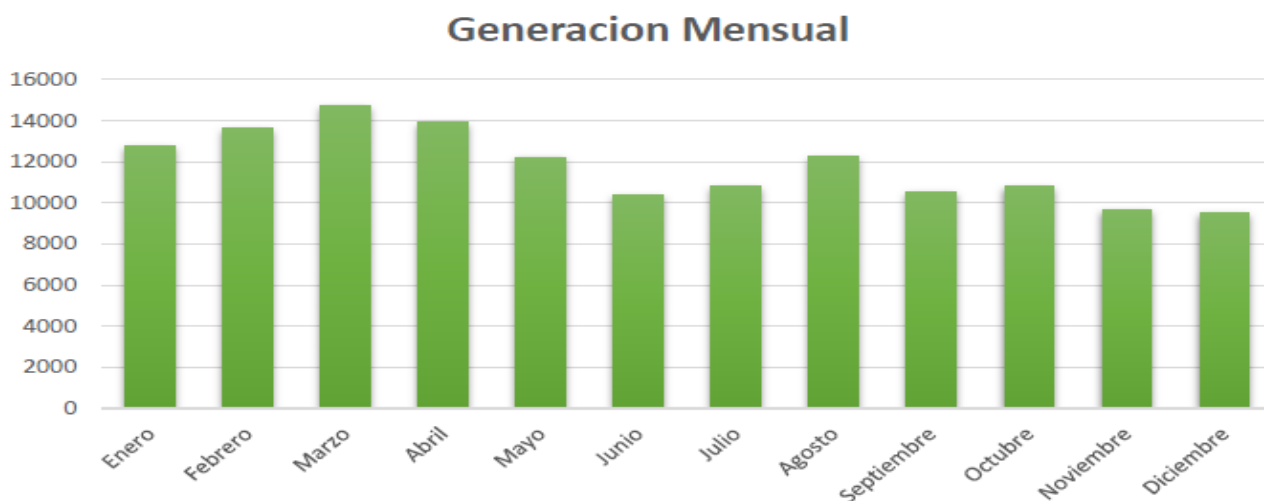
Se utiliza el software Aurora el cual permite diseñar cada detalle de la planta solar a desarrollar y por medio del algoritmo que posee una base de datos de más de 10 años de registro, se logra predecir la energía mensual en kWh.

Mes	Energía Mensual kWh
ENERO	12781
FEBRERO	13628
MARZO	14730
ABRIL	13919
MAYO	12223
JUNIO	10385
JULIO	10814
AGOSTO	12251
SETIEMBRE	10552
OCTUBRE	10803
NOVIEMBRE	9661
DICIEMBRE	9517

**Tabla 32. Generación de energía mensual. Programa Aurora**

Con estos valores presentados podemos sacar un promedio mensual y valor anual de generación:

- Promedio Mensual = 11 772 kWh
- Generación Anual = 141 264 kWh.



**Ilustración 35. Gráfico de generación mensual propuesta. Programa Aurora**

Se utiliza el software Aurora el cual permitió diseñar cada detalle de la planta solar a desarrollar, esto con el fin de predeterminar de una manera mucho más certera la generación exacta que se va a obtener en sitio.



*Ilustración 36. Propuesta instalación de sistema fotovoltaico. Programa Aurora*

Para entregar estos datos el software realiza una corrida de los 365 días del año, hora por hora, en el sitio exacto de la instalación:



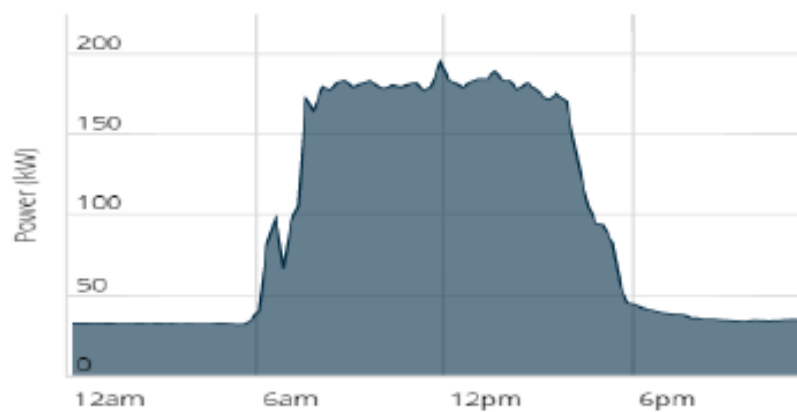
*Ilustración 37. Corrida de irradiancia en el modelo propuesto*



*Ilustración 38. Proyección de trayectoria del sol en el edificio. Programa Aurora*

Finalmente, en la **Ilustración 38** se ilustra en el programa el ciclo completo del sol para determinar posibles sombras en el edificio Pbro. Benjamín Núñez.

Para el análisis de ahorros y funcionamiento de la planta se utiliza otro software llamado Energy Toolbase. Este software analiza el consumo diario de la planta mediante gráficas (ver **Ilustración 39**) que para este caso fue proporcionado gracias a las curvas de demanda del MTSS y el dimensionamiento del sistema.



*Ilustración 39. Curva de demanda de consumo diario. Programa Energy Toolbase*

Seguidamente se ingresan los datos anuales y tarifas para que el programa despliegue la energía consumida. El programa despliega los valores con signo de dólar (\$) por defecto, realmente los cargos son con la moneda colón (₡) para la lectura indicada de la factura de la **Ilustración 40**.

**Rate Schedule: CNFL - T-CD**

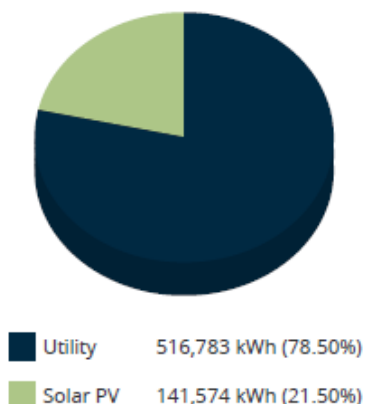
Time Periods Bill Ranges & Seasons	Energy Use (kWh) Total	Max Demand (kW) NC / Max	Charges			
			Other	Energy	Demand	Total
1/5/2020 - 2/5/2020 Q1	55,466	221	\$378,486	\$4,868,680	\$2,967,024	\$8,214,191
2/5/2020 - 3/5/2020 Q1	52,184	221	\$378,486	\$4,576,660	\$2,967,024	\$7,922,171
3/5/2020 - 4/5/2020 Q1/Q2	55,328	221	\$378,486	\$4,610,726	\$2,934,671	\$7,923,883
4/5/2020 - 5/5/2020 Q2	53,118	221	\$378,486	\$4,659,764	\$2,967,024	\$8,005,274
5/5/2020 - 6/5/2020 Q2	56,778	221	\$378,486	\$4,985,417	\$2,967,024	\$8,330,927
6/5/2019 - 7/5/2019 Q2/Q3	56,594	247	\$376,256	\$4,704,750	\$3,263,401	\$8,344,408
7/5/2019 - 8/5/2019 Q3	53,760	221	\$361,757	\$4,515,019	\$2,835,735	\$7,712,511
8/5/2019 - 9/5/2019 Q3	56,824	221	\$361,757	\$4,775,594	\$2,835,735	\$7,973,086
9/5/2019 - 10/1/2019 Q3	45,763	221	\$361,757	\$3,818,119	\$2,835,735	\$7,015,611
10/1/2019 - 10/5/2019 Q3/Q4	8,862	221	\$364,952	\$280,930	\$2,738,823	\$3,384,705
10/5/2019 - 11/5/2019 Q4	53,821	221	\$368,148	\$4,601,103	\$2,885,779	\$7,855,030
11/5/2019 - 12/5/2019 Q4	54,531	221	\$368,148	\$4,662,551	\$2,885,779	\$7,916,478
12/5/2019 - 1/5/2020 Q4/Q1	55,328	221	\$369,482	\$4,503,304	\$2,863,910	\$7,736,696
Totals:	658,357	-	\$4,824,690	\$55,562,617	\$37,947,665	\$98,334,971

*Ilustración 40. Tarifa brindada por Energy Toolbase según datos suministrados por la CNFL*

Posterior a esto se ingresan los datos de generación que nos brinda el Software de Aurora. Con esto ya tenemos datos de consumo contra generación de los paneles.

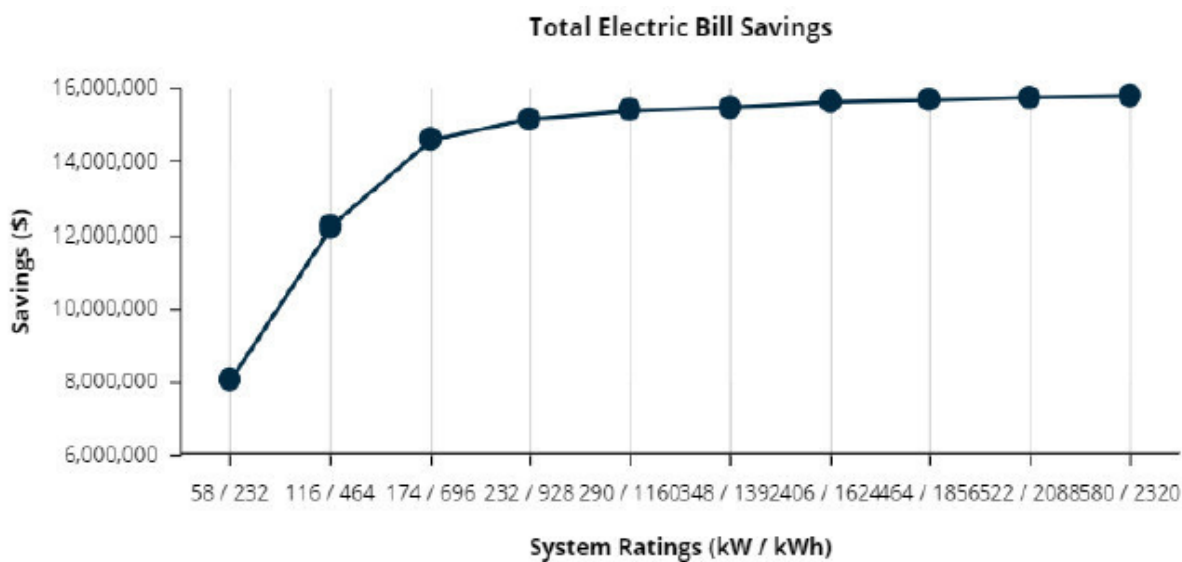
El siguiente paso es el de las baterías en el cual se corre una simulación del software para tener claro la cantidad ideal de baterías y con la generación de la tarifa anual de 658 357 kWh cuantificada, proyectando una generación solar de 141 574 kWh de la energía consumida expuesta en la **Ilustración 41**.

**Energy Consumption Mix**  
Annual Energy Use: 658,357 kWh



*Ilustración 41. Porcentaje de generación fotovoltaica del consumo de energía. Programa Energy Toolbase*

Los Powerpack contienen 16 módulos de baterías individuales de iones de litio como los inversores de batería totalmente integrados que se pretende utilizar para recorte de picos y respaldo de energía, al no contar el MTSS con planta de emergencia propiamente del edificio, la existente respalda únicamente los servidores.



*Ilustración 42. Grafica de ahorro de factura contra clasificaciones del sistema (kW/kWh). Programa Energy Toolbase*



La **Ilustración 42** es el resultado de la simulación de baterías a instalar donde cada punto representa un Powerpack de 58 kW / 232 kWh (**ANEXO 20. Hoja de datos POWERPACK Tesla de 58 kW**), y por lo que se grafica lo ideal es instalar tres baterías para lograr el mayor ahorro posible, porque posterior a esta cantidad, ósea si queremos poner 4 o más baterías de almacenamiento los ahorros se vuelven lineales por lo que serían imperceptibles y más bien podrían hacer el proyecto más caro y que no sea tan rentable como se pretende. La capacidad de almacenamiento total es de 174 kW y 696 kWh.

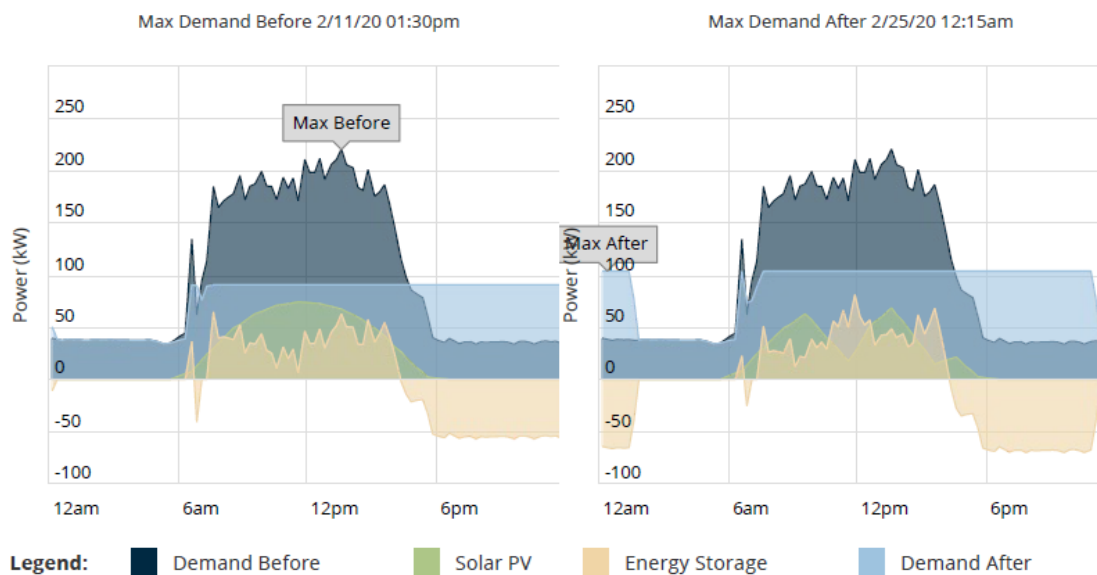
Se hace la modulación en el software para la generación de factura creada por el programa Energy Toolbase con la generación fotovoltaica y almacenamiento de energía en funcionamiento, con un ahorro proyectado de 128 554 kWh de uso de energía, equivalente a ₡31 362 693 anuales.

Lo anterior se calcula diferenciando el monto del valor total de la facturación de la **Ilustración 40** con el valor proyectado de la **Ilustración 43**.

#### Rate Schedule: CNFL - T-CO

Time Periods	Energy Use (kWh)	Max Demand (kW)	Charges			
			Other	Energy	Demand	Total
Bill Ranges & Seasons	Total	NC / Max				
1/5/2020 - 2/5/2020 Q1	42,398	115	\$378,486	\$3,675,444	\$1,490,477	\$5,544,407
2/5/2020 - 3/5/2020 Q1	39,214	104	\$378,486	\$3,379,371	\$1,337,250	\$5,095,108
3/5/2020 - 4/5/2020 Q1/Q2	42,042	109	\$378,486	\$3,375,291	\$1,379,938	\$5,133,716
4/5/2020 - 5/5/2020 Q2	40,999	104	\$378,486	\$3,545,354	\$1,337,250	\$5,261,091
5/5/2020 - 6/5/2020 Q2	47,123	120	\$378,486	\$4,114,810	\$1,560,125	\$6,053,422
6/5/2019 - 7/5/2019 Q2/Q3	47,262	130	\$376,256	\$3,840,812	\$1,646,793	\$5,863,861
7/5/2019 - 8/5/2019 Q3	44,488	110	\$361,757	\$3,704,631	\$1,357,958	\$5,424,346
8/5/2019 - 9/5/2019 Q3	46,438	106	\$361,757	\$3,878,201	\$1,304,704	\$5,544,662
9/5/2019 - 10/1/2019 Q3	37,046	106	\$361,757	\$3,042,218	\$1,304,704	\$4,708,679
10/1/2019 - 10/5/2019 Q3/Q4	8,039	111	\$364,952	\$206,591	\$1,288,533	\$1,860,077
10/5/2019 - 11/5/2019 Q4	44,481	115	\$368,148	\$3,770,368	\$1,449,664	\$5,588,180
11/5/2019 - 12/5/2019 Q4	45,589	109	\$368,148	\$3,870,757	\$1,368,374	\$5,607,279
12/5/2019 - 1/5/2020 Q4/Q1	44,684	110	\$369,482	\$3,536,420	\$1,381,550	\$5,287,453
Totals:	529,803	-	\$4,824,690	\$43,940,267	\$18,207,322	\$66,972,278

*Ilustración 43. Nueva Factura Eléctrica, posterior a la instalación de paneles y baterías, reduciendo el consumo*



**Max On-Peak Demand:** The charts below show when the maximum on-peak demand for this facility occurred before and after the hybrid Solar PV with Storage system simulation.

**Ilustración 44.** Gráfica del comportamiento del sistema en funcionamiento con T-CO. Programa Energy Toolbase

En la **Ilustración 44** se observa el comportamiento de la planta en conjunto con horarios y días diferenciados, donde la zona azul oscuro es el consumo actual de la planta sin paneles y baterías (representada anteriormente en la **Ilustración 39**), y la representación de la parte celeste sería el consumo posterior a la instalación de los equipos, la gráfica verde corresponde a la generación solar transitoria en los días representados y la amarilla a la descarga de las baterías Powerpack referenciadas. Se puede observar una reducción importante del consumo donde ataca el pico máximo para lograr un mayor ahorro en la factura y optimización de los paneles y baterías.

La energía generada por los paneles se inyectará a la planta para su autoconsumo modelado el sistema de instalación fotovoltaica en la azotea y parqueo en la **Ilustración 45** y el modelado diagonal de la entrada principal del edificio Pbro. Benjamín Núñez del almacenamiento de baterías en la **Ilustración 46**.

La instalación fotovoltaica en el parqueo es importante para poder aprovechar la generación y almacenamiento de energía eléctrica con el fin de cargar los cuatro

automóviles eléctricos, con una demanda energética anual aproximada de 2 170.8 kWh establecido en el estudio de consumo eléctrico de la sección llamada **Propuesta combustión móvil del atestado 4.1 Resultados del cálculo de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)** del presente documento.

Adicionalmente se hizo la consulta sobre la capacidad del circuito Colima-Barrio Dent, circuito de interconexión del edificio Pbro. Benjamín Núñez a la CNFL como empresa distribuidora, con una disponibilidad de 780 kW y por capacidad del circuito no hay inconvenientes del proyecto para poder continuar con la propuesta de proyecto y el estudio de corriente de corto circuito. Ver **ANEXO 21. Respuesta sobre capacidad de circuito para instalación del proyecto** y **ANEXO 22. Estudio de corriente de corto circuito Colima –Barrio Dent del MTSS** respectivamente.



*Ilustración 45. Modelación de proyecto propuesto de generación de energía en el MTSS*





*Ilustración 46. Modelación de proyecto propuesto de almacenamiento de energía eléctrica con 3 Powerpack en el MTSS*

En el proyecto se proporciona el diagrama unifilar eléctrico donde se actualiza con las especificaciones técnicas planteadas en el proyecto propuesto en el **APÉNDICE 24. Diagrama unifilar eléctrico del proyecto propuesto del edificio Pbro. Benjamín Núñez.**

En la propuesta de instalación del sistema se espera generar un aproximado mensual de 117 800 kWh con 245 paneles solares de 440W. Se analizaron 3 Powerpack con 696 kWh de capacidad de almacenamiento y una potencia de 174 kWp.

Finalmente, se hizo un análisis en el software para la generación de factura generada por el programa Energy Toolbase en la **Ilustración 48** con cambio de tarifa T-MT y posterior se despliega el cambio de tarifa T-MT con la factura con el sistema de generación fotovoltaica y almacenamiento de energía eléctrica en la **Ilustración 49**, con un ahorro aproximado de  $\text{C}\$22\,653\,129$  anual, en comparación con únicamente los sistemas de generación y almacenamiento de la **Ilustración 43**.

**Rate Schedule: CNFL - T-MT**

Time Periods Bill Ranges & Seasons	Energy Use (kWh)			Max Demand (kW)			Charges			
	Punta	Valle	Nocturno	Punta	Valle	Nocturno	Other	Energy	Demand	Total
1/5/2020 - 2/5/2020 Q1	13,388	32,033	10,047	212	221	42	\$107	\$2,381,145	\$4,542,639	\$6,923,891
2/5/2020 - 3/5/2020 Q1	12,599	30,179	9,408	212	221	42	\$107	\$2,251,272	\$4,542,639	\$6,794,018
3/5/2020 - 4/5/2020 Q1/Q2	13,343	31,960	10,027	212	221	42	\$107	\$2,394,041	\$4,505,416	\$6,899,563
4/5/2020 - 5/5/2020 Q2	12,817	30,626	9,679	212	221	42	\$107	\$2,287,248	\$4,542,639	\$6,829,993
5/5/2020 - 6/5/2020 Q2	13,705	32,964	10,109	212	221	42	\$107	\$2,434,856	\$4,542,639	\$6,977,602
6/5/2019 - 7/5/2019 Q2/Q3	13,791	33,125	9,937	235	247	53	\$106	\$2,449,845	\$4,987,076	\$7,437,028
7/5/2019 - 8/5/2019 Q3	12,949	30,837	9,976	212	221	42	\$106	\$2,213,723	\$4,341,626	\$6,555,454
8/5/2019 - 9/5/2019 Q3	13,744	32,981	10,102	212	221	42	\$106	\$2,335,693	\$4,341,626	\$6,677,425
9/5/2019 - 10/5/2019 Q3/Q4	13,193	31,705	9,729	212	221	42	\$106	\$2,274,086	\$4,351,842	\$6,626,034
10/5/2019 - 11/5/2019 Q4	12,966	30,882	9,978	212	221	42	\$108	\$2,256,093	\$4,418,246	\$6,674,446
11/5/2019 - 12/5/2019 Q4	13,170	31,586	9,776	212	221	42	\$108	\$2,287,458	\$4,418,246	\$6,705,812
12/5/2019 - 1/5/2020 Q4/Q1	13,343	31,960	10,027	212	221	42	\$108	\$2,343,325	\$4,397,073	\$6,740,506
Totals:	159,008	380,838	118,795	-	-	-	\$1,279	\$27,908,786	\$53,931,707	\$81,841,771

*Ilustración 48. Factura que genera Energy Toolbase con el cambio de factura a media tensión*

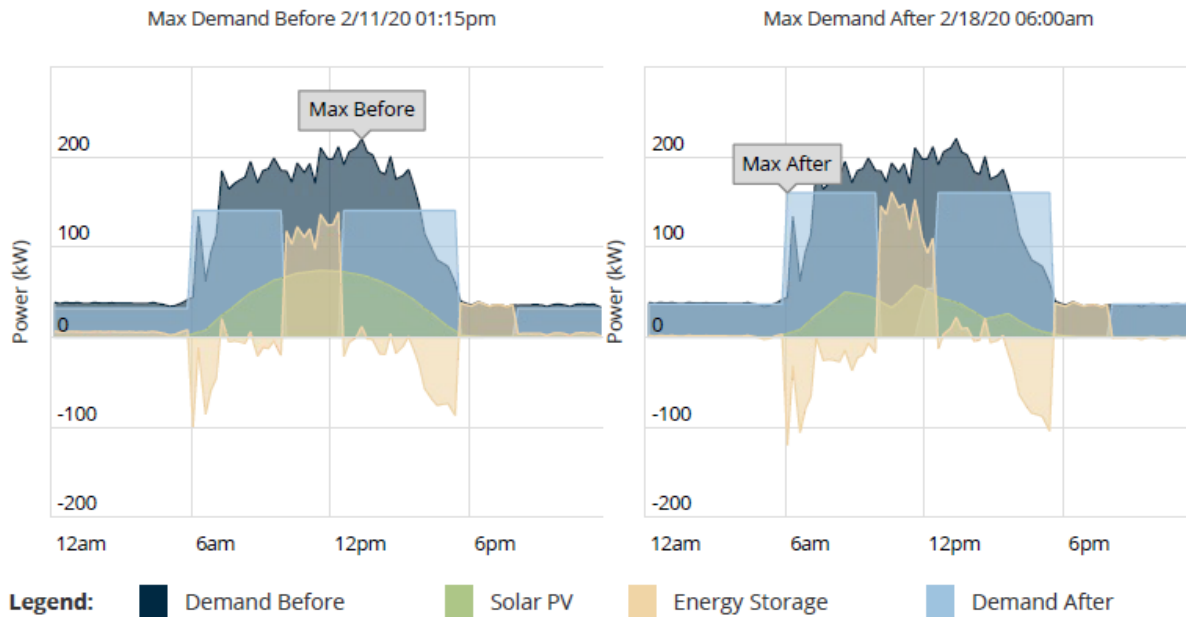
## New Electric Bill

**Rate Schedule: CNFL - T-MT**

Time Periods Bill Ranges & Seasons	Energy Use (kWh)			Max Demand (kW)			Charges			
	Punta	Valle	Nocturno	Punta	Valle	Nocturno	Other	Energy	Demand	Total
1/5/2020 - 2/5/2020 Q1	1,289	33,122	8,237	54	171	32	\$107	\$1,540,522	\$2,224,705	\$3,765,333
2/5/2020 - 3/5/2020 Q1	900	29,430	8,909	54	160	37	\$107	\$1,395,411	\$2,159,548	\$3,555,066
3/5/2020 - 4/5/2020 Q1/Q2	-369	33,407	9,157	34	176	38	\$107	\$1,459,790	\$2,023,890	\$3,483,787
4/5/2020 - 5/5/2020 Q2	148	30,798	10,126	35	165	40	\$107	\$1,426,632	\$1,994,710	\$3,421,449
5/5/2020 - 6/5/2020 Q2	1,981	35,064	10,083	61	172	38	\$107	\$1,711,774	\$2,346,652	\$4,058,532
6/5/2019 - 7/5/2019 Q2/Q3	563	36,332	10,905	48	193	44	\$106	\$1,669,338	\$2,346,767	\$4,016,211
7/5/2019 - 8/5/2019 Q3	1,905	33,031	9,457	49	173	36	\$106	\$1,547,706	\$2,106,466	\$3,654,278
8/5/2019 - 9/5/2019 Q3	1,233	34,152	11,128	38	167	42	\$106	\$1,586,402	\$1,966,013	\$3,552,521
9/5/2019 - 10/5/2019 Q3/Q4	1,765	33,618	9,222	49	171	37	\$106	\$1,557,629	\$2,061,984	\$3,619,719
10/5/2019 - 11/5/2019 Q4	1,111	33,085	10,091	45	175	38	\$108	\$1,540,324	\$2,124,594	\$3,665,026
11/5/2019 - 12/5/2019 Q4	2,511	32,122	10,746	53	165	42	\$108	\$1,619,152	\$2,155,225	\$3,774,485
12/5/2019 - 1/5/2020 Q4/Q1	1,876	31,843	10,764	61	160	41	\$108	\$1,571,030	\$2,181,605	\$3,752,742
Totals:	14,913	396,004	118,825	-	-	-	\$1,279	\$18,625,711	\$25,692,160	\$44,319,149

*Ilustración 49. Factura que genera Energy Toolbase con el cambio de factura a media tensión y sistemas funcionando de generación y almacenamiento*

**Max NC Demand:** The charts below show when the maximum non-coincident (NC) demand for this facility occurred before and after the hybrid Solar PV with Storage system simulation.



**Max On-Peak Demand:** The charts below show when the maximum on-peak demand for this facility occurred before and after the hybrid Solar PV with Storage system simulation.

*Ilustración 50. Gráfica del comportamiento del sistema proyectado con T-MT. Programa Energy Toolbase*

En la **Ilustración 50** se representa el funcionamiento total del proyecto en marcha con el cambio de tarifa eléctrica T-MT, en la figura se observa el comportamiento de la planta en conjunto con horarios y días diferenciados, donde se respetan la simbología de los colores de la **Ilustración 44**. La zona azul oscuro se mantiene como el consumo de la planta sin paneles y baterías, la parte celeste posterior a la instalación de los equipos representa el consumo, la gráfica verde corresponde a la generación solar y la amarilla a la descarga de la batería. Se puede visualizar claramente una reducción importante del consumo, sin pico máximo para lograr un mayor ahorro en la factura y optimización de los paneles y utilización de las 3 baterías aprovechando los costos de los periodos (valle, pico y nocturno) de los bloques de consumo de la nueva facturación explicada con detalle en el apartado **Resultados de cambio de tarifa y análisis de bloques de consumo CNFL**.

#### 4.3.6 Resultados de cambio de tarifa y análisis de bloques de consumo CNFL

##### 4.3.6.1 Tarifa General o Comercial (TG o T-CO)

Definición de CNFL: “Aplicable estrictamente a todos aquellos clientes no residenciales en todo el sistema de distribución de la CNFL S.A. y que no son especificados en otras tarifas. Incluye cabinas, áreas de recreo, hoteles, locales, talleres, servicios combinados casa pulpería, etc.”

La anterior definición es la que establece la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL), la cual es la tarifa a la que está sujeto el MTSS.

Según la publicación Alcance N°83 de la Gaceta N° 81 del miércoles 28 de abril del 2021 los costos de las tarifas para este sector son las siguientes:

Bloques de Consumo Costo		Costo
Consumo menor o igual a 3000 kWh		¢111.79
Por Consumo de Energía	Bloque de 0-3 000 kWh Cargo Fijo	¢201 930.00
	Bloque mayor a 3 000 kWh cada kWh	¢67.31
Por Consumo de Demanda	Bloque de 0-8 kW Cargo Fijo	¢89 744.24
	Bloque mayor a 8 kW cada kW	¢11 218.03

**Tabla 33.** Esquema tarifario para la tarifa comercial o general.

La **Tabla 33** solo establece el costo por concepto de energía y demanda, sin tomar en cuenta tributos e impuestos que se detallan a continuación:

Impuesto	Valor	
Tributo a Bomberos	1.75%	Del monto total de Energía
Alumbrado Publico	¢3.22	Por cada kWh consumido
Impuesto al Valor Agregado (IVA)	13%	Del costo total de la factura

**Tabla 34.** Tributos e impuestos de la facturación actual del MTSS

El consumo del edificio del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social es proporcionado gracias a las curvas de demanda, los datos evaluados por los perfiles de carga son calculados desde el 5 de junio del 2019 hasta el 4 de julio del 2019, por lo que se tiene casi un mes de medición (29.5 días), y con ello se puede hacer una proyección del consumo de energía y demanda para aplicar los costos del análisis de bloques de consumo de las tarifas comerciales y de media tensión.

Con estas curvas podemos obtener un promedio de consumo en energía y demanda, las cuales son de:

- 54 886 kWh
- 233 kW

Ya con estos datos podemos hacer un cálculo rápido promedio del costo de la factura eléctrica. En el rango de energía superamos los 3000 kWh por lo que tenemos un costo fijo establecido de ₡201 930.00, a esto se le sumaría el restante consumo de energía a un costo de por cada kWh de ₡67.31, por tanto:

$$54\ 886\ \text{kWh} - 3\ 000\ \text{kWh} = 51\ 886\ \text{kWh}.$$

$$51\ 886\ \text{kWh} \times ₡67.31 = ₡3\ 492\ 446.66$$

$$₡3\ 492\ 446.66 + ₡201\ 930.00 = \mathbf{₡3\ 694\ 376.66}$$

Lo anterior corresponde al valor por concepto de Energía kWh, ahora se procederá a realizar el mismo procedimiento, pero ahora con la demanda kW.

En el rango de demanda superamos los 8 kW por lo que tenemos un costo fijo establecido de ₡89 744.24 a esto se le sumaría el restante consumo de demanda a un costo de por cada kW de ₡11 218.03, por tanto:

$$233\ \text{kW} - 8\ \text{kW} = 225\ \text{kW}.$$

$$225\ \text{kW} \times ₡11\ 218.03 = ₡2\ 524\ 056.75$$

$$₡2\ 524\ 056.75 + ₡89\ 744.24: \mathbf{₡2\ 613\ 800.99}$$



Lo anterior corresponde al valor por concepto de Demanda kW, ahora se procederá a calcular los rubros de impuestos y tributos para tener un promedio de costo de la factura eléctrica:

Tributo a Bomberos: 1.75% del monto de Energía.

$$\$3\,694\,376.66 \times 1.75\% = \$64\,651.59$$

Alumbrado Público: \$3.48 por cada kWh

$$54886 \text{ kWh} \times \$3.22 = \$176\,732.92$$

En la **Tabla 35** se representa el resumen de la factura:

Rubro	Valor
Consumo Energía kWh	54886
Consumo Demanda kW	233
Costo Energía	\$3 694 376.66
Costo Demanda	\$2 613 800.99
Tributo a Bomberos	\$64 651.59
Alumbrado Publico	\$176 732.92
IVA 13%	\$851 443.08
<b>Total</b>	<b>\$7 401 005.24</b>

*Tabla 35. Estudio Tarifa General o Comercial (TG o T-CO) del MTSS*

#### 4.3.6.2 Tarifa Media Tensión (T-MT)

Definición de CNFL: “Tarifa opcional para clientes servidos en media tensión con una vigencia mínima de un año, prorrogable por períodos anuales, debiendo comprometerse los clientes a consumir como mínimo 120 000 kWh por año calendario. Si dicho mínimo no se ha cumplido por el cliente, en la facturación del doceavo mes se agregarán los kWh necesarios para complementarlo, a los que se les aplicará el precio de la energía en período punta.”

Periodo	Consumo de Energía por cada kWh
Energía Punta	¢55.13
Energía Valle	¢27.57
Energía Noche	¢19.85
Periodo	Consumo de Potencia kW
Potencia Punta	¢9 668.24
Potencia Valle	¢6 879.27
Potencia Noche	¢4 367.09

*Tabla 36. Esquema tarifario para la Media Tensión.*

La **Tabla 36** solo establece el costo por concepto de energía y demanda, sin tomar en cuenta tributos e impuestos que se detallan en la **Tabla 38**.

Además, se define el horario para los periodos:

- Periodo Punta → de 10:00am a 12:30pm y de 5:30pm a 8:00pm
- Periodo Valle → de 6:00am a 10:00am y de 12:30pm a 5:30pm
- Periodo Noche → de 8:00pm a 6:00am

Gracias a las curvas de demanda proporcionadas podemos definir los consumos tanto de energía y demanda en los tres periodos ya mencionados en la siguiente tabla:

Energía	kWh
Energía Punta kWh	13 331
Energía Valle kWh	32 708
Energía Noche kWh	8 847
Potencia	kW
Potencia Punta kW	222
Potencia Valle kW	233
Potencia Noche kW	44

*Tabla 37. Consumos de energía y demanda de los periodos*

Con estos valores de consumo y los costos ya mencionados se procede a realizar un cálculo promedio de la tarifa:

Energía Punta: 13 331 kWh x ¢55.13 = **¢734 938.03**

Energía Valle: 32 708 kWh x ¢27.57 = **¢901 759.56**

Energía Noche: 8 847 kWh x ¢19.85 = **¢175 612.95**

Potencia Punta: 222 kW x ¢9 668.24 = **¢2 146 349.28**

Potencia Valle: 233 kW x ¢6 879.27 = **¢1 602 869.91**

Potencia Noche: 44 kW x ¢4 367.09 = **¢192 151.96**

Tributo a Bomberos: 1.75% del monto de Energía.

¢1 812 310.54 x 1.75% = **¢31 715.43**

Alumbrado Público: ¢3.22 por cada kWh

54 886 kWh x ¢3.22 = **¢176 732.92**

En la **Tabla 38** se resumen de la factura:

Rubro	Valor
Energía Punta	¢734 938.03
Energía Valle	¢901 759.56
Energía Noche	¢175 612.95
Potencia Punta	¢2 146 349.28
Potencia Valle	¢1 602 869.91
Potencia Noche	¢192 151.96
Tributo Bomberos	¢31 715.43
Alumbrado Publico	¢176 732.92
IVA 13%	¢775 076.90
<b>Total</b>	<b>¢6 737 206.94</b>

*Tabla 38. Estudio Tarifa Media Tensión (T-MT) del MTSS*

La diferencia entre ambas facturas es de un aproximado de ¢663 798.3 Si este valor lo proyectamos a un año es un ahorro de ¢7 965 579.6. En consecuencia, es más

económico tener una tarifa de Media Tensión en este caso en particular que la actual General o Comercial resumido en la **Tabla 39**.

Costo de Factura en Tarifa General	Costo de Factura en Tarifa Media Tensión	Ahorro proyectado
₡ 7 401 005.24	₡ 6 737 206.94	₡ 663 798.3

*Tabla 39. Ahorro proyectado por cambio de tarifa mensual*

En conclusión, el cambio de tarifa es justificable para gestionarlo mediante la empresa distribuidora de energía CNFL del edificio central del MTSS como propuesta de proyecto.

#### 4.4 Resultados del análisis económico del diseño propuesto

Se hizo un análisis de los proyectos propuestos para correlacionar mediante la implementación o ejecución de los mismos, la proyección de reducción del consumo y la demanda máxima en la tarifa eléctrica por etapas de ejecución. La única variable común es el cambio de tarifa, al ser un proceso de fácil adquisición por ser gratuito y no depender del presupuesto anual que requiere aprobación. Los datos fijos en los análisis económicos son el tipo de cambio utilizado de ₡614.27 el dólar, una inflación de 3% y una tasa de interés del 13%.

##### 4.4.1 Análisis económico del cambio de luminarias y tarifa T-MT

El análisis económico se hizo en base a una inversión inicial de ₡114 877 255.63 (\$187 014) desglosado en la suma de los tres proyectos de reducción de emisiones de CO<sub>2e</sub> presentados en los **Apéndices del 9 al 11**. El análisis de flujo de caja se hizo a 20 años, el cual se toma el análisis con la adición del cambio a facturación de media tensión presentada en el monto de la **Ilustración 48** (₡81 841 771).

En primera instancia, se proyecta con el monto de la facturación actual de la **Ilustración 40** (¢98 334 971). El ahorro de los proyectos propuestos de cambio de tecnología LED en la nueva factura de electricidad premeditada se calculó con la reducción total de 13 007.67 kWh mensual de la **Tabla 16** y un costo de \$ 0.21 por kWh calculado en la **Tabla 10**.

El presupuesto de compra de equipos y materiales eléctricos del MTSS se tomó en cuenta en los gastos anuales con un aproximado de ¢2 500 000 (\$4 070) considerando la inflación del 3% por año.

En el flujo de efectivo de la **Tabla 40** con los ahorros, se le reduce la inflación propuesta de aumento anual proyectado a través del tiempo, reduciendo las compras de los equipos y materiales eléctricos anualmente generando en un período de 3.2 años el retorno de inversión del proyecto de un 32.6% y un VAN de \$289 204.42 representado gráficamente en la **Ilustración 51**.

El ahorro total analizado en la factura de ahorro en el cambio de tecnología de iluminación tipo LED es de un 20.5% y en total con el cambio de factura comercial a media tensión proyecta un aproximado de 37.2% de ahorros totales.

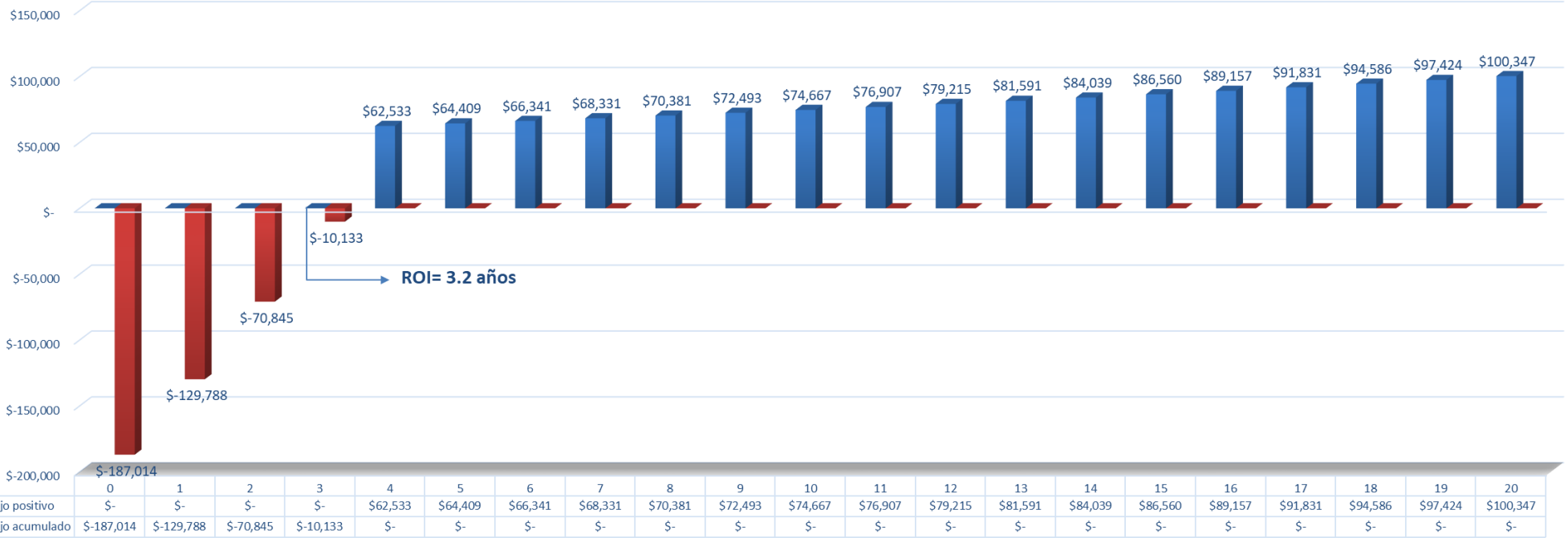
Datos	
Costo proyecto	₺ 114,877,255.63
Tipo de cambio	₺ 614.27
Tasa de Interes	13.00%
Inflación	3%
Reducción kWh/mes LED	13,007.67
costo KWh	\$ 0.21

Años	Factura actual de electricidad	Nueva Factura de electricidad	Ingresos			Gastos	Inversión Inicial	Flujo positivo Anual	Flujo Acumulado anual	Retorno de Inversión
			Ahorros proyectos propuestos LED	Ahorros por cambio de Tarifa TMT	Ahorros Totales	Compra bombillos y fluorescentes (US\$)	\$ -187,014			
0	\$ 160,084	\$ 100,455	\$ 32,779	\$ 26,850	\$ 59,629	\$ 4,070	\$ 55,560	\$ -187,014	0	
1	\$ 164,887	\$ 103,469	\$ 33,763	\$ 27,656	\$ 61,418	\$ 4,192	\$ 57,226	\$ -129,788	0	
2	\$ 169,833	\$ 106,573	\$ 34,776	\$ 28,485	\$ 63,261	\$ 4,318	\$ 58,943	\$ -70,845	0	
3	\$ 174,928	\$ 109,770	\$ 35,819	\$ 29,340	\$ 65,159	\$ 4,447	\$ 60,711	\$ -10,133	3.16	
4	\$ 180,176	\$ 113,063	\$ 36,893	\$ 30,220	\$ 67,113	\$ 4,581	\$ 62,533	\$ 52,399	0	
5	\$ 185,582	\$ 116,455	\$ 38,000	\$ 31,127	\$ 69,127	\$ 4,718	\$ 64,409	\$ 116,808	0	
6	\$ 191,149	\$ 119,948	\$ 39,140	\$ 32,060	\$ 71,201	\$ 4,860	\$ 66,341	\$ 183,149	0	
7	\$ 196,883	\$ 123,547	\$ 40,314	\$ 33,022	\$ 73,337	\$ 5,005	\$ 68,331	\$ 251,480	0	
8	\$ 202,790	\$ 127,253	\$ 41,524	\$ 34,013	\$ 75,537	\$ 5,156	\$ 70,381	\$ 321,861	0	
9	\$ 208,874	\$ 131,071	\$ 42,770	\$ 35,033	\$ 77,803	\$ 5,310	\$ 72,493	\$ 394,354	0	
10	\$ 215,140	\$ 135,003	\$ 44,053	\$ 36,084	\$ 80,137	\$ 5,470	\$ 74,667	\$ 469,021	0	
11	\$ 221,594	\$ 139,053	\$ 45,374	\$ 37,167	\$ 82,541	\$ 5,634	\$ 76,907	\$ 545,929	0	
12	\$ 228,242	\$ 143,225	\$ 46,735	\$ 38,282	\$ 85,017	\$ 5,803	\$ 79,215	\$ 625,143	0	
13	\$ 235,089	\$ 147,521	\$ 48,138	\$ 39,430	\$ 87,568	\$ 5,977	\$ 81,591	\$ 706,734	0	
14	\$ 242,142	\$ 151,947	\$ 49,582	\$ 40,613	\$ 90,195	\$ 6,156	\$ 84,039	\$ 790,773	0	
15	\$ 249,406	\$ 156,505	\$ 51,069	\$ 41,832	\$ 92,901	\$ 6,341	\$ 86,560	\$ 877,333	0	
16	\$ 256,888	\$ 161,201	\$ 52,601	\$ 43,086	\$ 95,688	\$ 6,531	\$ 89,157	\$ 966,490	0	
17	\$ 264,595	\$ 166,037	\$ 54,179	\$ 44,379	\$ 98,558	\$ 6,727	\$ 91,831	\$ 1,058,321	0	
18	\$ 272,533	\$ 171,018	\$ 55,805	\$ 45,710	\$ 101,515	\$ 6,929	\$ 94,586	\$ 1,152,908	0	
19	\$ 280,709	\$ 176,148	\$ 57,479	\$ 47,082	\$ 104,561	\$ 7,137	\$ 97,424	\$ 1,250,332	0	
20	\$ 289,130	\$ 181,433	\$ 59,203	\$ 48,494	\$ 107,697	\$ 7,351	\$ 100,347	\$ 1,350,679	0	

Ahorros Totales: \$ 1,709,962

Tabla 40. Flujo de caja proyectado a 20 años con el cambio de tarifa T-MT e iluminación tipo LED

VAN	\$ 289,204.42
TIR	32.6%
PAYBACK	3.2



**Ilustración 51. Gráfica de Flujo de efectivo de proyectos propuestos por cambio de iluminación LED con tarifa T-MT**

#### 4.4.2 Análisis económico de paneles solares y tarifa T-MT

Se hizo un análisis económico en base a una inversión inicial de ₡74 359 637.87 (\$121 053.67) desglosado en el **APÉNDICE 25. Desglose de precios de los sistemas de almacenamiento y generación solar**. El análisis de flujo de caja se hizo a 20 años, el cual se toma el análisis con la adición del cambio a facturación de media tensión presentada en el monto de la **Ilustración 48** (₡81 841 771).

En primera instancia, se proyecta con el monto de la facturación actual de la **Ilustración 40** (₡98 334 971). El ahorro de la instalación de los paneles solares y equipos en la nueva factura de electricidad proyectada se calculó con el promedio mensual evaluado de la **Tabla 32** de 11 772 kWh mensual y un costo de \$0.21 por kWh calculado en la **Tabla 10**.

El mantenimiento preventivo de los paneles y equipos con 2 visitas anuales se tomó en cuenta en los gastos anuales, con un aproximado de \$ 2 000 considerando la inflación del 3% por año.

En el flujo de efectivo de la **Tabla 41** con los ahorros se le reduce la inflación propuesta de aumento anual proyectado a través del tiempo, reduciendo los mantenimientos preventivos semestrales, generando en un período de 2.12 años el retorno de inversión del proyecto de un 48% y un VAN de \$346 216.42 representado gráficamente en la **Ilustración 52**.

El ahorro total analizado en la factura de generación solar es de un 18.53% y en total con el cambio de factura comercial a media tensión proyecta un aproximado de 35.30% de ahorros totales.



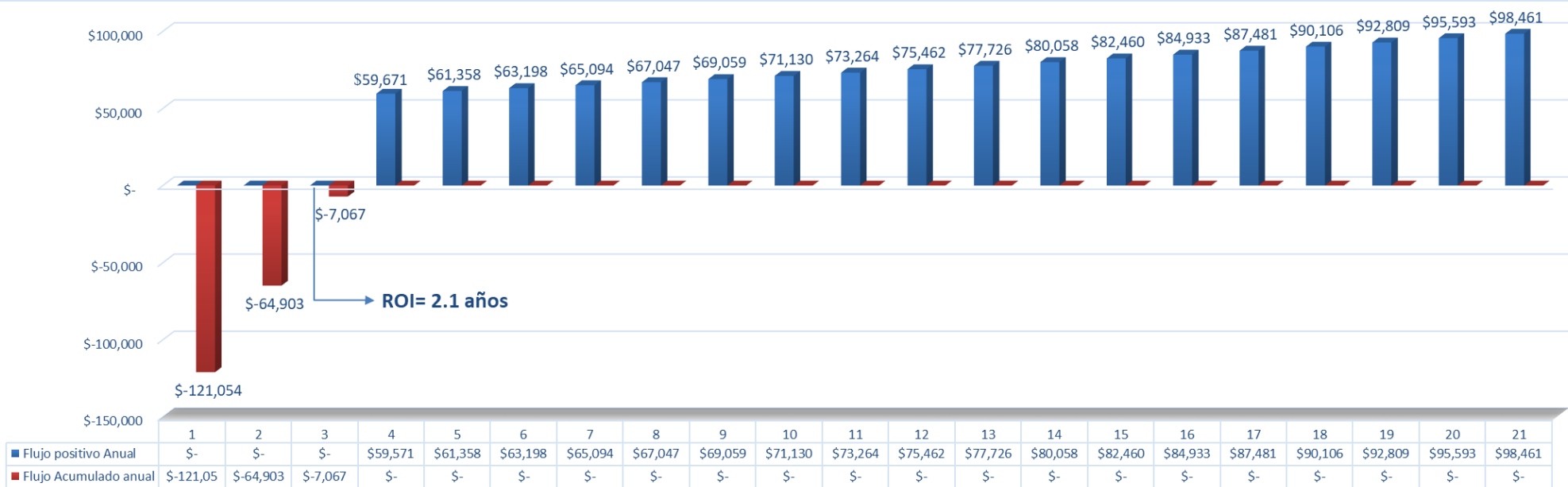
Datos	
Costo proyecto	₡ 74,359,637.87
Tipo de cambio	₡ 614.27
Tasa de Interes	13.00%
Inflación	3%
Generación promedio kWh/mes solar	11,772.00
costo kWh	\$ 0.21

Años	Factura actual de electricidad	Nueva Factura de electricidad	Ingresos			Gastos	Inversión Inicial	Flujo positivo Anual	Flujo Acumulado anual	Retorno de Inversión
			Ahorros proyecto generación solar	Ahorros por cambio de Tarifa TMT	Ahorros Totales	Mantenimiento (US\$)	\$ -121,054			
0	\$ 160,084	\$ 103,569	\$ 29,665	\$ 26,850	\$ 56,516	\$ 2,000	\$ 54,516	\$ -121,054	0	
1	\$ 164,887	\$ 106,676	\$ 30,555	\$ 27,656	\$ 58,211	\$ 2,060	\$ 56,151	\$ -64,903	0	
2	\$ 169,833	\$ 109,876	\$ 31,472	\$ 28,485	\$ 59,957	\$ 2,122	\$ 57,836	\$ -7,067	2.12	
3	\$ 174,928	\$ 113,172	\$ 32,416	\$ 29,340	\$ 61,756	\$ 2,185	\$ 59,571	\$ 52,503	0	
4	\$ 180,176	\$ 116,568	\$ 33,389	\$ 30,220	\$ 63,609	\$ 2,251	\$ 61,358	\$ 113,861	0	
5	\$ 185,582	\$ 120,065	\$ 34,390	\$ 31,127	\$ 65,517	\$ 2,319	\$ 63,198	\$ 177,060	0	
6	\$ 191,149	\$ 123,667	\$ 35,422	\$ 32,060	\$ 67,482	\$ 2,388	\$ 65,094	\$ 242,154	0	
7	\$ 196,883	\$ 127,377	\$ 36,485	\$ 33,022	\$ 69,507	\$ 2,460	\$ 67,047	\$ 309,201	0	
8	\$ 202,790	\$ 131,198	\$ 37,579	\$ 34,013	\$ 71,592	\$ 2,534	\$ 69,059	\$ 378,260	0	
9	\$ 208,874	\$ 135,134	\$ 38,707	\$ 35,033	\$ 73,740	\$ 2,610	\$ 71,130	\$ 449,390	0	
10	\$ 215,140	\$ 139,188	\$ 39,868	\$ 36,084	\$ 75,952	\$ 2,688	\$ 73,264	\$ 522,654	0	
11	\$ 221,594	\$ 143,363	\$ 41,064	\$ 37,167	\$ 78,231	\$ 2,768	\$ 75,462	\$ 598,117	0	
12	\$ 228,242	\$ 147,664	\$ 42,296	\$ 38,282	\$ 80,578	\$ 2,852	\$ 77,726	\$ 675,843	0	
13	\$ 235,089	\$ 152,094	\$ 43,565	\$ 39,430	\$ 82,995	\$ 2,937	\$ 80,058	\$ 755,901	0	
14	\$ 242,142	\$ 156,657	\$ 44,872	\$ 40,613	\$ 85,485	\$ 3,025	\$ 82,460	\$ 838,360	0	
15	\$ 249,406	\$ 161,357	\$ 46,218	\$ 41,832	\$ 88,049	\$ 3,116	\$ 84,933	\$ 923,294	0	
16	\$ 256,888	\$ 166,197	\$ 47,604	\$ 43,086	\$ 90,691	\$ 3,209	\$ 87,481	\$ 1,010,775	0	
17	\$ 264,595	\$ 171,183	\$ 49,032	\$ 44,379	\$ 93,412	\$ 3,306	\$ 90,106	\$ 1,100,881	0	
18	\$ 272,533	\$ 176,319	\$ 50,503	\$ 45,710	\$ 96,214	\$ 3,405	\$ 92,809	\$ 1,193,690	0	
19	\$ 280,709	\$ 181,608	\$ 52,019	\$ 47,082	\$ 99,100	\$ 3,507	\$ 95,593	\$ 1,289,283	0	
20	\$ 289,130	\$ 187,057	\$ 53,579	\$ 48,494	\$ 102,073	\$ 3,612	\$ 98,461	\$ 1,387,744	0	

Ahorros Totales:	1,620,667
------------------	-----------

VAN		\$ 346,216.42
TIR		48.0%
PAYBACK		2.1

Tabla 41. Flujo de caja proyectado a 20 años con el cambio de tarifa T-MT y paneles solares



**Ilustración 52. Gráfica de Flujo de efectivo de proyecto propuesto de instalación de paneles solares con tarifa T-MT**

#### 4.4.3 Análisis económico de 3 baterías Powerpack y tarifa T-MT

Se hizo un análisis económico en base a una inversión inicial de ₡274 055 718.95 (\$446 148.63) desglosado en el **APÉNDICE 25. Desglose de precios de los sistemas de almacenamiento y generación solar**. El análisis de flujo de caja se hizo a 20 años, el cual se toma el análisis con la adición del cambio a facturación de media tensión presentada en el monto de la **Ilustración 48** (₡81 841 771).

En primera instancia, se proyecta con el monto de la facturación actual de la **Ilustración 40** (₡98 334 971). El ahorro de la instalación de las tres baterías equipos en la nueva factura de electricidad proyectada se calculó con la diferencia del promedio mensual evaluado de la **Tabla 32** de 11 772 kWh mensual de los paneles solares y un costo de \$0.21 por kWh calculado en la

**Tabla 10**. Aunado a lo anterior el ahorro de la nueva factura se estimó con la diferencia del monto de la factura de la **Ilustración 49** (₡44 319 149), el ahorro anual de cambio de tarifa comercial por tarifa de media tensión de \$26 850 en el primer año y el ahorro de generación solar estipulado de \$29 665 en el análisis anterior.

El mantenimiento preventivo de las 3 baterías y los sistemas de control electrónicos del sistema con 2 visitas se tomó en cuenta en los gastos anuales, con un aproximado de \$1 000 considerando la inflación del 3% por año.

En el flujo de efectivo de la **Tabla 42** con los ahorros se le reduce la inflación propuesta de aumento anual proyectado a través del tiempo, reduciendo los mantenimientos preventivos semestrales, generando en un período de 6.92 años el retorno de inversión del proyecto de un 14.4% y un VAN de \$44 727.05 representado gráficamente en la **Ilustración 53**.

El ahorro total analizado en la factura de almacenamiento es de un 19.63% y en total con el cambio de factura comercial a media tensión proyecta un aproximado de 36.40% de ahorros totales.

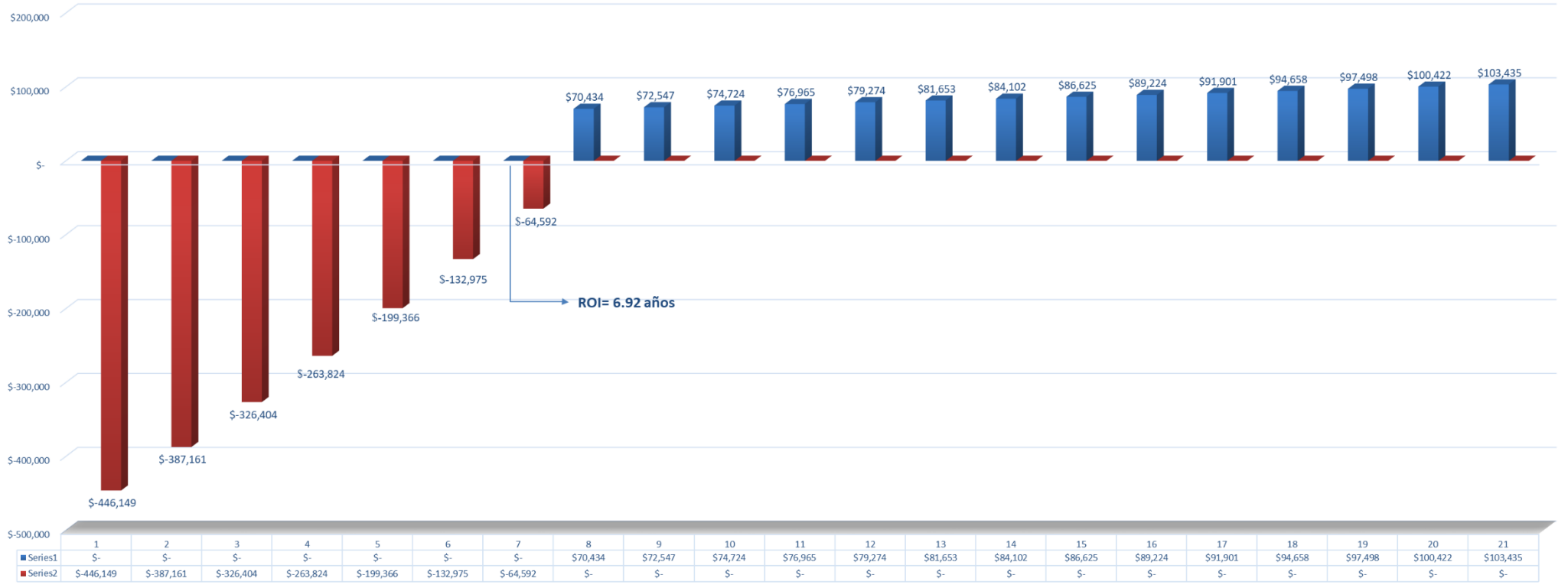
Datos	
Costo proyecto	₺ 274,055,718.95
Tipo de cambio	₺ 614.27
Tasa de Interes	13.00%
Inflación	3%
Ahorro promedio uso baterías	12,468.04
costo KWh	\$ 0.21

Años	Factura actual de electricidad	Nueva Factura de electricidad	Ingresos			Gastos	Inversión Inicial	Flujo positivo Anual	Flujo Acumulado anual	Retorno de Inversión
			Ahorros proyecto 3 baterías Powerpack	Ahorros por cambio de Tarifa TMT	Ahorros Totales	Mantenimiento (US\$)	\$ -446,149			
0	\$ 160,084	\$ 101,815	\$ 31,419	\$ 26,850	\$ 58,270	\$ 1,000	\$ 57,270	\$ -446,149	0	
1	\$ 164,887	\$ 104,869	\$ 32,362	\$ 27,656	\$ 60,018	\$ 1,030	\$ 58,988	\$ -387,161	0	
2	\$ 169,833	\$ 108,015	\$ 33,333	\$ 28,485	\$ 61,818	\$ 1,061	\$ 60,757	\$ -326,404	0	
3	\$ 174,928	\$ 111,256	\$ 34,333	\$ 29,340	\$ 63,673	\$ 1,093	\$ 62,580	\$ -263,824	0	
4	\$ 180,176	\$ 114,593	\$ 35,363	\$ 30,220	\$ 65,583	\$ 1,126	\$ 64,457	\$ -199,366	0	
5	\$ 185,582	\$ 118,031	\$ 36,424	\$ 31,127	\$ 67,550	\$ 1,159	\$ 66,391	\$ -132,975	0	
6	\$ 191,149	\$ 121,572	\$ 37,516	\$ 32,060	\$ 69,577	\$ 1,194	\$ 68,383	\$ -64,592	6.92	
7	\$ 196,883	\$ 125,219	\$ 38,642	\$ 33,022	\$ 71,664	\$ 1,230	\$ 70,434	\$ 5,842	0	
8	\$ 202,790	\$ 128,976	\$ 39,801	\$ 34,013	\$ 73,814	\$ 1,267	\$ 72,547	\$ 78,389	0	
9	\$ 208,874	\$ 132,845	\$ 40,995	\$ 35,033	\$ 76,029	\$ 1,305	\$ 74,724	\$ 153,113	0	
10	\$ 215,140	\$ 136,830	\$ 42,225	\$ 36,084	\$ 78,309	\$ 1,344	\$ 76,965	\$ 230,078	0	
11	\$ 221,594	\$ 140,935	\$ 43,492	\$ 37,167	\$ 80,659	\$ 1,384	\$ 79,274	\$ 309,353	0	
12	\$ 228,242	\$ 145,163	\$ 44,797	\$ 38,282	\$ 83,078	\$ 1,426	\$ 81,653	\$ 391,006	0	
13	\$ 235,089	\$ 149,518	\$ 46,141	\$ 39,430	\$ 85,571	\$ 1,469	\$ 84,102	\$ 475,108	0	
14	\$ 242,142	\$ 154,004	\$ 47,525	\$ 40,613	\$ 88,138	\$ 1,513	\$ 86,625	\$ 561,733	0	
15	\$ 249,406	\$ 158,624	\$ 48,950	\$ 41,832	\$ 90,782	\$ 1,558	\$ 89,224	\$ 650,957	0	
16	\$ 256,888	\$ 163,383	\$ 50,419	\$ 43,086	\$ 93,506	\$ 1,605	\$ 91,901	\$ 742,858	0	
17	\$ 264,595	\$ 168,284	\$ 51,932	\$ 44,379	\$ 96,311	\$ 1,653	\$ 94,658	\$ 837,516	0	
18	\$ 272,533	\$ 173,333	\$ 53,490	\$ 45,710	\$ 99,200	\$ 1,702	\$ 97,498	\$ 935,013	0	
19	\$ 280,709	\$ 178,533	\$ 55,094	\$ 47,082	\$ 102,176	\$ 1,754	\$ 100,422	\$ 1,035,436	0	
20	\$ 289,130	\$ 183,889	\$ 56,747	\$ 48,494	\$ 105,241	\$ 1,806	\$ 103,435	\$ 1,138,871	0	

Ahorros Totales: 1,670,966

VAN		\$ 44,727.05
TIR		14.4%
PAYBACK		6.9

Tabla 42. Flujo de caja proyectado a 20 años con el cambio de tarifa T-MT y baterías Powerpack



**Ilustración 53. Gráfica de Flujo de efectivo de proyecto propuesto de instalación de baterías Powerpack con tarifa T-MT**

#### 4.4.4 Análisis económico conjunto de cambio de luminarias, paneles solares con tarifa T-MT

Se hizo un análisis económico en base a una inversión inicial de ₡189 236 893.50 (\$308 067.94) desglosado en el **APÉNDICE 25. Desglose de precios de los sistemas de almacenamiento y generación solar** y en la suma de los tres proyectos de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>e presentados en los **Apéndices del 9 al 11**. El análisis de flujo de caja se hizo a 20 años, el cual se toma el análisis con la adición del cambio a facturación de media tensión con un monto de ₡44 319 149 representado en la **Ilustración 49**.

En primera instancia, se proyecta con el monto de la facturación actual de la **Ilustración 40** (₡98 334 971), el ahorro anual de cambio de tarifa comercial por tarifa de media tensión de \$26 850 en el primer año de los análisis anteriores. El ahorro de los proyectos propuestos de cambio de tecnología LED en la nueva factura de electricidad premeditada se calculó con la reducción total de 13 007.67 kWh mensual de la **Tabla 16** y un costo de 0.21 por kWh calculado en la **Tabla 10**.

El mantenimiento preventivo de los paneles solares y los sistemas de control electrónicos del sistema con 2 visitas se tomó en cuenta en los gastos anuales, con un aproximado de \$2 000 considerando la inflación del 3% por año. Se adiciona el presupuesto de compra de equipos y materiales eléctricos del MTSS se tomó en cuenta en los gastos anuales con un aproximado de ₡2 500 000 (\$4 070).

En el flujo de efectivo de la **Tabla 43** con los ahorros se le reduce la inflación propuesta de aumento anual proyectado a través del tiempo, reduciendo los mantenimientos preventivos semestrales, generando en un período de 3.46 años el retorno de inversión del proyecto de un 29.8% y un VAN de \$405 280.14 representado gráficamente en la **Ilustración 54**.

El ahorro total analizado en la factura de generación y almacenamiento de energía es de un 39% y en total con el cambio de factura comercial a media tensión proyecta un aproximado de 55.8% de ahorros totales.

Datos	
Costo proyecto	₺ 189,236,893.50
Tipo de cambio	₺ 614.27
Tasa de Interes	13.00%
Inflación	3%
Reducción kWh/mes LED	13,007.67
Generación promedio kWh/mes solar	11,772.00
costo kWh	\$ 0.21

Años	Factura actual de electricidad	Nueva Factura de electricidad	Ingresos				Gastos	Inversión Inicial \$ -308,068	Flujo positivo Anual	Flujo Acumulado anual	Retorno de Inversión
			Ahorros proyecto generación solar	Ahorros por cambio de Tarifa TMT	Ahorros por proyectos propuestos LED	Ahorros Totales					
0	\$ 160,084	\$ 70,789	\$ 29,665	\$ 26,850	\$ 32,779	\$ 89,295	\$ 6,070	\$ 83,225	\$ -308,068	0	
1	\$ 164,887	\$ 72,913	\$ 30,555	\$ 27,656	\$ 33,763	\$ 91,974	\$ 6,252	\$ 85,722	\$ -222,346	0	
2	\$ 169,833	\$ 75,101	\$ 31,472	\$ 28,485	\$ 34,776	\$ 94,733	\$ 6,440	\$ 88,293	\$ -134,053	0	
3	\$ 174,928	\$ 77,354	\$ 32,416	\$ 29,340	\$ 35,819	\$ 97,575	\$ 6,633	\$ 90,942	\$ -43,111	3.46	
4	\$ 180,176	\$ 79,674	\$ 33,389	\$ 30,220	\$ 36,893	\$ 100,502	\$ 6,832	\$ 93,670	\$ 50,560	0	
5	\$ 185,582	\$ 82,064	\$ 34,390	\$ 31,127	\$ 38,000	\$ 103,517	\$ 7,037	\$ 96,481	\$ 147,040	0	
6	\$ 191,149	\$ 84,526	\$ 35,422	\$ 32,060	\$ 39,140	\$ 106,623	\$ 7,248	\$ 99,375	\$ 246,415	0	
7	\$ 196,883	\$ 87,062	\$ 36,485	\$ 33,022	\$ 40,314	\$ 109,821	\$ 7,465	\$ 102,356	\$ 348,772	0	
8	\$ 202,790	\$ 89,674	\$ 37,579	\$ 34,013	\$ 41,524	\$ 113,116	\$ 7,689	\$ 105,427	\$ 454,198	0	
9	\$ 208,874	\$ 92,364	\$ 38,707	\$ 35,033	\$ 42,770	\$ 116,510	\$ 7,920	\$ 108,590	\$ 562,788	0	
10	\$ 215,140	\$ 95,135	\$ 39,868	\$ 36,084	\$ 44,053	\$ 120,005	\$ 8,157	\$ 111,847	\$ 674,636	0	
11	\$ 221,594	\$ 97,989	\$ 41,064	\$ 37,167	\$ 45,374	\$ 123,605	\$ 8,402	\$ 115,203	\$ 789,838	0	
12	\$ 228,242	\$ 100,929	\$ 42,296	\$ 38,282	\$ 46,735	\$ 127,313	\$ 8,654	\$ 118,659	\$ 908,497	0	
13	\$ 235,089	\$ 103,957	\$ 43,565	\$ 39,430	\$ 48,138	\$ 131,132	\$ 8,914	\$ 122,219	\$ 1,030,716	0	
14	\$ 242,142	\$ 107,075	\$ 44,872	\$ 40,613	\$ 49,582	\$ 135,066	\$ 9,181	\$ 125,885	\$ 1,156,601	0	
15	\$ 249,406	\$ 110,288	\$ 46,218	\$ 41,832	\$ 51,069	\$ 139,118	\$ 9,457	\$ 129,662	\$ 1,286,263	0	
16	\$ 256,888	\$ 113,596	\$ 47,604	\$ 43,086	\$ 52,601	\$ 143,292	\$ 9,740	\$ 133,552	\$ 1,419,815	0	
17	\$ 264,595	\$ 117,004	\$ 49,032	\$ 44,379	\$ 54,179	\$ 147,591	\$ 10,033	\$ 137,558	\$ 1,557,373	0	
18	\$ 272,533	\$ 120,514	\$ 50,503	\$ 45,710	\$ 55,805	\$ 152,019	\$ 10,334	\$ 141,685	\$ 1,699,058	0	
19	\$ 280,709	\$ 124,130	\$ 52,019	\$ 47,082	\$ 57,479	\$ 156,579	\$ 10,644	\$ 145,936	\$ 1,844,993	0	
20	\$ 289,130	\$ 127,854	\$ 53,579	\$ 48,494	\$ 59,203	\$ 161,276	\$ 10,963	\$ 150,314	\$ 1,995,307	0	

Ahorros Totales: 2,560,663

Tabla 43. Flujo de caja proyectado a 20 años con el cambio de tarifa T-MT, paneles solares e iluminación tipo LED

VAN	\$ 405,280.14
TIR	29.8%
PAYBACK	3.5



**Ilustración 54. Gráfica de Flujo de efectivo de proyecto propuesto de instalación de paneles solares y cambio de iluminación LED con tarifa T-MT**



#### 4.4.5 Análisis económico conjunto de paneles solares, baterías Powerpack con tarifa T-MT

Se hizo un análisis económico en base a una inversión inicial de ₡348 415 356.82 (\$567 202.30) desglosado en el **APÉNDICE 25. Desglose de precios de los sistemas de almacenamiento y generación solar**. El análisis de flujo de caja se hizo a 20 años, el cual se toma el análisis con la adición del cambio a facturación de media tensión presentada en el monto de la **Ilustración 49** (₡44 319 149).

En primera instancia, se proyecta con el monto de la facturación actual de la **Ilustración 40** (₡98 334 971). Aunado a lo anterior el ahorro de la nueva factura se estimó con la diferencia del monto de la factura de la **Ilustración 49** (₡44 319 149), el ahorro anual de cambio de tarifa comercial por tarifa de media tensión de \$26 850 en el primer año de los análisis anteriores.

El mantenimiento preventivo de las 3 baterías, los paneles solares y los sistemas de control electrónicos del sistema con 2 visitas se tomó en cuenta en los gastos anuales, con un aproximado de \$3 000 considerando la inflación del 3% por año.

En el flujo de efectivo de la **Tabla 44** con los ahorros se le reduce la inflación propuesta de aumento anual proyectado a través del tiempo, reduciendo los mantenimientos preventivos semestrales, generando en un período de 6.01 años el retorno de inversión del proyecto de un 16.9% y un VAN de \$160 802.77 representado gráficamente en la **Ilustración 55**.

El ahorro total analizado en la factura de generación y almacenamiento de energía es de un 38.16% y en total con el cambio de factura comercial a media tensión proyecta un aproximado de 54.93% de ahorros totales.

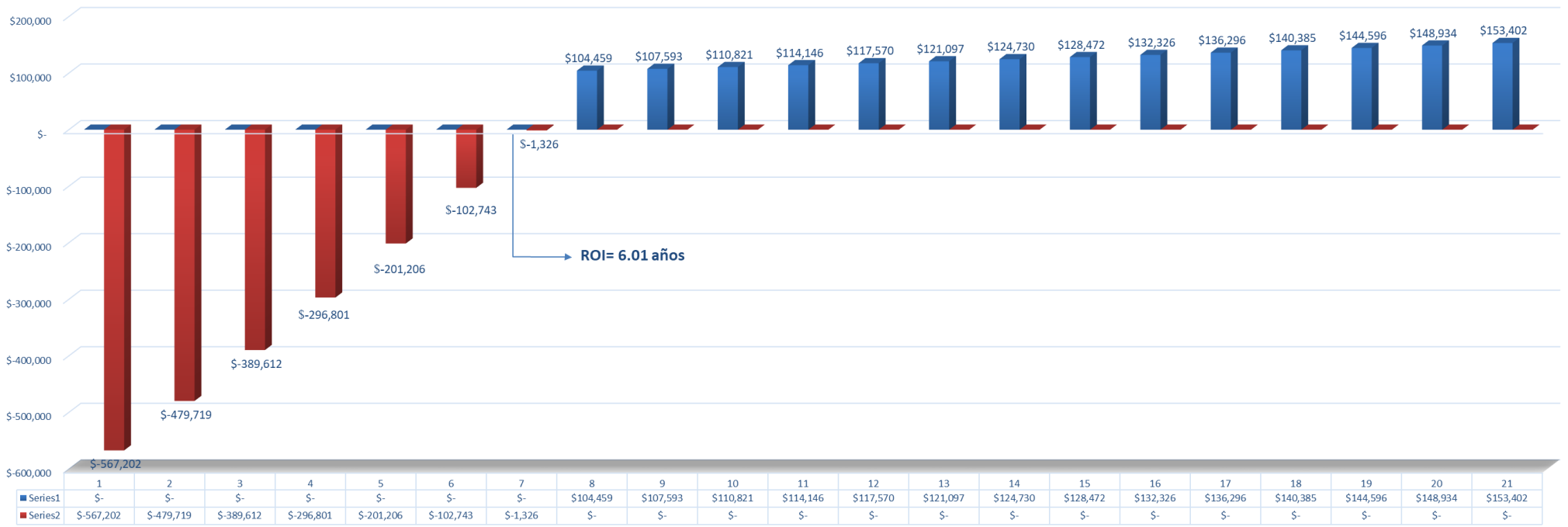
Datos	
Costo proyecto	₺ 348,415,356.82
Tipo de cambio	₺ 614.27
Tasa de Interes	13.00%
Inflación	3%
costo KWh	\$ 0.21

Años	Factura actual de electricidad	Nueva Factura de electricidad	Ingresos				Gastos	Inversión Inicial	Flujo positivo Anual	Flujo Acumulado anual	Retorno de Inversión
			Ahorros proyecto 3 baterías Powerpack	Ahorros proyecto generación solar	Ahorros por cambio de Tarifa TMT	Ahorros Totales	Mantenimiento (US\$)	\$ -567,202.30			
0	\$ 160,084	\$ 72,149	\$ 31,419	\$ 29,665	\$ 26,850	\$ 87,935	\$ 3,000	\$ 84,935	\$ -567,202	0	
1	\$ 164,887	\$ 74,314	\$ 32,362	\$ 30,555	\$ 27,656	\$ 90,573	\$ 3,090	\$ 87,483	\$ -479,719	0	
2	\$ 169,833	\$ 76,543	\$ 33,333	\$ 31,472	\$ 28,485	\$ 93,290	\$ 3,183	\$ 90,108	\$ -389,612	0	
3	\$ 174,928	\$ 78,839	\$ 34,333	\$ 32,416	\$ 29,340	\$ 96,089	\$ 3,278	\$ 92,811	\$ -296,801	0	
4	\$ 180,176	\$ 81,205	\$ 35,363	\$ 33,389	\$ 30,220	\$ 98,972	\$ 3,377	\$ 95,595	\$ -201,206	0	
5	\$ 185,582	\$ 83,641	\$ 36,424	\$ 34,390	\$ 31,127	\$ 101,941	\$ 3,478	\$ 98,463	\$ -102,743	0	
6	\$ 191,149	\$ 86,150	\$ 37,516	\$ 35,422	\$ 32,060	\$ 104,999	\$ 3,582	\$ 101,417	\$ -1,326	6.01	
7	\$ 196,883	\$ 88,735	\$ 38,642	\$ 36,485	\$ 33,022	\$ 108,149	\$ 3,690	\$ 104,459	\$ 103,133	0	
8	\$ 202,790	\$ 91,397	\$ 39,801	\$ 37,579	\$ 34,013	\$ 111,393	\$ 3,800	\$ 107,593	\$ 210,726	0	
9	\$ 208,874	\$ 94,138	\$ 40,995	\$ 38,707	\$ 35,033	\$ 114,735	\$ 3,914	\$ 110,821	\$ 321,547	0	
10	\$ 215,140	\$ 96,963	\$ 42,225	\$ 39,868	\$ 36,084	\$ 118,177	\$ 4,032	\$ 114,146	\$ 435,693	0	
11	\$ 221,594	\$ 99,872	\$ 43,492	\$ 41,064	\$ 37,167	\$ 121,723	\$ 4,153	\$ 117,570	\$ 553,263	0	
12	\$ 228,242	\$ 102,868	\$ 44,797	\$ 42,296	\$ 38,282	\$ 125,374	\$ 4,277	\$ 121,097	\$ 674,359	0	
13	\$ 235,089	\$ 105,954	\$ 46,141	\$ 43,565	\$ 39,430	\$ 129,135	\$ 4,406	\$ 124,730	\$ 799,089	0	
14	\$ 242,142	\$ 109,132	\$ 47,525	\$ 44,872	\$ 40,613	\$ 133,010	\$ 4,538	\$ 128,472	\$ 927,561	0	
15	\$ 249,406	\$ 112,406	\$ 48,950	\$ 46,218	\$ 41,832	\$ 137,000	\$ 4,674	\$ 132,326	\$ 1,059,887	0	
16	\$ 256,888	\$ 115,778	\$ 50,419	\$ 47,604	\$ 43,086	\$ 141,110	\$ 4,814	\$ 136,296	\$ 1,196,183	0	
17	\$ 264,595	\$ 119,252	\$ 51,932	\$ 49,032	\$ 44,379	\$ 145,343	\$ 4,959	\$ 140,385	\$ 1,336,567	0	
18	\$ 272,533	\$ 122,829	\$ 53,490	\$ 50,503	\$ 45,710	\$ 149,703	\$ 5,107	\$ 144,596	\$ 1,481,164	0	
19	\$ 280,709	\$ 126,514	\$ 55,094	\$ 52,019	\$ 47,082	\$ 154,195	\$ 5,261	\$ 148,934	\$ 1,630,098	0	
20	\$ 289,130	\$ 130,310	\$ 56,747	\$ 53,579	\$ 48,494	\$ 158,820	\$ 5,418	\$ 153,402	\$ 1,783,500	0	

Ahorros Totales:	2,521,666
------------------	-----------

VAN	\$ 160,802.77
TIR	16.9%
PAYBACK	6.0

Tabla 44. Flujo de caja conjunto, proyectado a 20 años con el cambio de tarifa T-MT, baterías Powerpack y paneles solares



**Ilustración 55. Gráfica de Flujo de efectivo de proyecto propuesto de instalación de baterías Powerpack, paneles solares y cambio tarifa T-MT**

#### 4.4.6 Análisis económico conjunto de proyectos propuestos de iluminación LED, paneles solares, baterías Powerpack con tarifa T-MT

Se hizo un análisis económico en base a una inversión inicial de ₡463 292 612.45 (\$754 216.57) desglosado en el **APÉNDICE 25. Desglose de precios de los sistemas de almacenamiento y generación solar** y en la suma de los tres proyectos de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>e presentados en los **Apéndices del 9 al 11**. El análisis de flujo de caja se hizo a 20 años, el cual se toma el análisis con la adición del cambio de facturación presentada en el monto de la **Ilustración 49** (₡44 319 149).

En primera instancia, se proyecta con el monto de la facturación actual de la **Ilustración 40** (₡98 334 971). Aunado a lo anterior el ahorro de la nueva factura se estimó con la diferencia del monto de la factura de la **Ilustración 49** (₡44 319 149), el ahorro anual de cambio de tarifa comercial por tarifa de media tensión de \$26 850 en el primer año de los análisis anteriores y la diferencia del monto de los ahorros por los proyectos propuestos LED (\$32 779) del primer año del flujo de caja representado en la **Tabla 40**.

El mantenimiento preventivo de los Powerpack, los paneles solares y los sistemas de control electrónicos con visitas semestrales se tomó en cuenta en los gastos anuales, además se adiciona las compras de materiales y equipos eléctricos fijos por año con un aproximado de ₡2 500 000 (\$4 070), el total de gastos representado es de \$7 070 considerando la inflación del 3% por año.

En el flujo de efectivo de la **Tabla 45** con los ahorros se le reduce la inflación propuesta de aumento anual proyectado a través del tiempo, reduciendo los mantenimientos preventivos semestrales, generando en un período de 5.98 años el retorno de inversión del proyecto de un 17% y un VAN de \$219 866.50 representado gráficamente en la **Ilustración 56**.

El ahorro total analizado en la factura eléctrica es de un 58.6% y en total con el cambio de factura comercial a media tensión proyecta un aproximado de 75.4% adicionando los proyectos propuestos LED, generación y almacenamiento eléctrico.

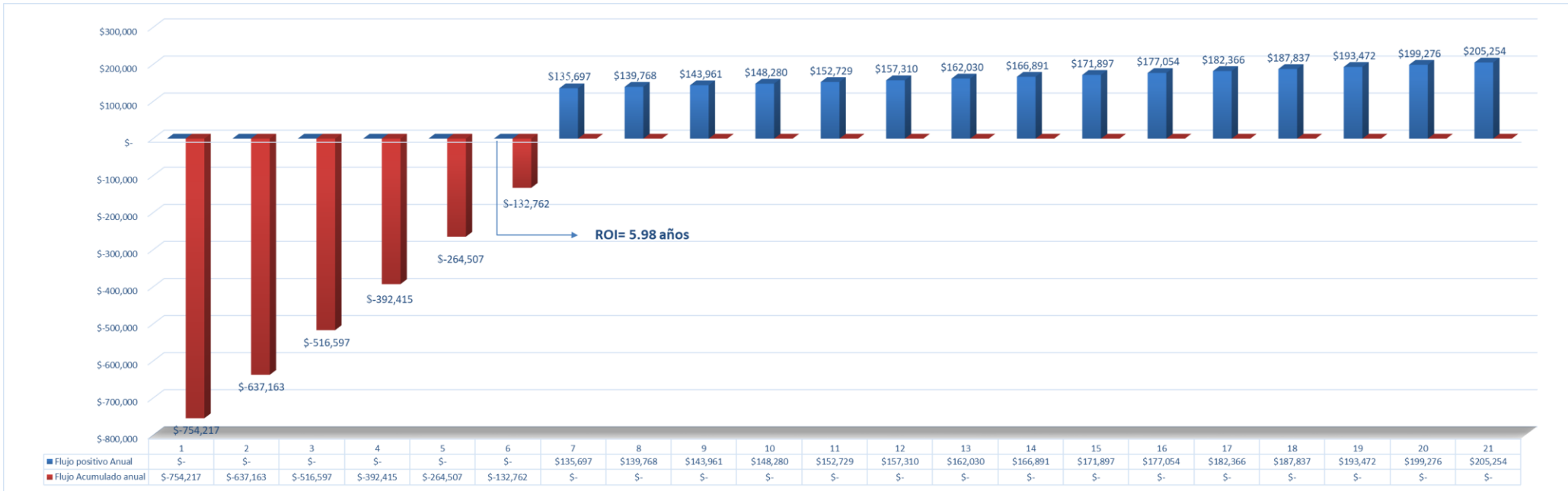
Datos	
Costo proyecto	₺ 463,292,612.45
Tipo de cambio	₺ 614.27
Tasa de Interes	13.00%
Inflación	3%
costo KWh	\$ 0.21

Años	Factura actual de electricidad	Nueva Factura de electricidad	Ingresos					Ahorros Totales	Gastos	Mantenimiento (US\$)	Inversión Inicial \$ -754,216.57	Flujo positivo Anual	Flujo Acumulado anual	Retorno de Inversión
			Ahorros proyecto 3 baterías Powerpack	Ahorros proyecto generación solar	Ahorros por cambio de Tarifa TMT	Ahorros por proyectos propuestos LED								
0	\$ 160,084	\$ 39,370	\$ 31,419	\$ 29,665	\$ 26,850	\$ 32,779	\$ 120,714	\$ 7,070	\$ 113,644	\$ -754,217	0			
1	\$ 164,887	\$ 40,551	\$ 32,362	\$ 30,555	\$ 27,656	\$ 33,763	\$ 124,336	\$ 7,282	\$ 117,054	\$ -637,163	0			
2	\$ 169,833	\$ 41,768	\$ 33,333	\$ 31,472	\$ 28,485	\$ 34,776	\$ 128,066	\$ 7,500	\$ 120,565	\$ -516,597	0			
3	\$ 174,928	\$ 43,021	\$ 34,333	\$ 32,416	\$ 29,340	\$ 35,819	\$ 131,908	\$ 7,725	\$ 124,182	\$ -392,415	0			
4	\$ 180,176	\$ 44,311	\$ 35,363	\$ 33,389	\$ 30,220	\$ 36,893	\$ 135,865	\$ 7,957	\$ 127,908	\$ -264,507	0			
5	\$ 185,582	\$ 45,641	\$ 36,424	\$ 34,390	\$ 31,127	\$ 38,000	\$ 139,941	\$ 8,196	\$ 131,745	\$ -132,762	5.98			
6	\$ 191,149	\$ 47,010	\$ 37,516	\$ 35,422	\$ 32,060	\$ 39,140	\$ 144,139	\$ 8,442	\$ 135,697	\$ 2,935	0			
7	\$ 196,883	\$ 48,420	\$ 38,642	\$ 36,485	\$ 33,022	\$ 40,314	\$ 148,463	\$ 8,695	\$ 139,768	\$ 142,704	0			
8	\$ 202,790	\$ 49,873	\$ 39,801	\$ 37,579	\$ 34,013	\$ 41,524	\$ 152,917	\$ 8,956	\$ 143,961	\$ 286,665	0			
9	\$ 208,874	\$ 51,369	\$ 40,995	\$ 38,707	\$ 35,033	\$ 42,770	\$ 157,505	\$ 9,225	\$ 148,280	\$ 434,945	0			
10	\$ 215,140	\$ 52,910	\$ 42,225	\$ 39,868	\$ 36,084	\$ 44,053	\$ 162,230	\$ 9,501	\$ 152,729	\$ 587,674	0			
11	\$ 221,594	\$ 54,497	\$ 43,492	\$ 41,064	\$ 37,167	\$ 45,374	\$ 167,097	\$ 9,786	\$ 157,310	\$ 744,984	0			
12	\$ 228,242	\$ 56,132	\$ 44,797	\$ 42,296	\$ 38,282	\$ 46,735	\$ 172,110	\$ 10,080	\$ 162,030	\$ 907,014	0			
13	\$ 235,089	\$ 57,816	\$ 46,141	\$ 43,565	\$ 39,430	\$ 48,138	\$ 177,273	\$ 10,382	\$ 166,891	\$ 1,073,905	0			
14	\$ 242,142	\$ 59,551	\$ 47,525	\$ 44,872	\$ 40,613	\$ 49,582	\$ 182,591	\$ 10,694	\$ 171,897	\$ 1,245,802	0			
15	\$ 249,406	\$ 61,337	\$ 48,950	\$ 46,218	\$ 41,832	\$ 51,069	\$ 188,069	\$ 11,015	\$ 177,054	\$ 1,422,856	0			
16	\$ 256,888	\$ 63,177	\$ 50,419	\$ 47,604	\$ 43,086	\$ 52,601	\$ 193,711	\$ 11,345	\$ 182,366	\$ 1,605,222	0			
17	\$ 264,595	\$ 65,073	\$ 51,932	\$ 49,032	\$ 44,379	\$ 54,179	\$ 199,522	\$ 11,685	\$ 187,837	\$ 1,793,059	0			
18	\$ 272,533	\$ 67,025	\$ 53,490	\$ 50,503	\$ 45,710	\$ 55,805	\$ 205,508	\$ 12,036	\$ 193,472	\$ 1,986,531	0			
19	\$ 280,709	\$ 69,035	\$ 55,094	\$ 52,019	\$ 47,082	\$ 57,479	\$ 211,673	\$ 12,397	\$ 199,276	\$ 2,185,808	0			
20	\$ 289,130	\$ 71,107	\$ 56,747	\$ 53,579	\$ 48,494	\$ 59,203	\$ 218,023	\$ 12,769	\$ 205,254	\$ 2,391,062	0			

Ahorros Totales: 3,461,662

VAN		\$ 219,866.50
TIR		17%
PAYBACK		5.98

Tabla 45. Flujo de caja conjunto total, proyectado a 20 años con el cambio de tarifa T-MT, proyectos propuestos iluminación LED, baterías Powerpack y paneles solares



**Ilustración 56. Gráfica total de Flujo de efectivo de proyectos propuestos de iluminación LED, baterías Powerpack, paneles solares y cambio tarifa T-MT**

#### 4.4.7 Análisis de resultados general de los proyectos propuestos

El análisis de cambio de factura eléctrica es importante para la disminución de consumo eléctrico en aproximadamente un 16.77% de manera fácil y económica al no incurrir en gastos a nivel presupuestario del edificio Pbro. Benjamín Núñez del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.

Aunado a la reducción de emisiones eléctricas y considerando los datos presentes del cambio de tarifa, paneles solares y almacenamiento energético proporcionan un ahorro económico en la facturación por consumo eléctrico. Este ahorro equivale a 10.40 toneladas de CO<sub>2</sub>e por año vinculado con las emisiones cuantificadas anteriormente de cambio por tecnología LED del edificio central del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social con un ahorro proyectado mensual de 13 007.67 kWh cuantificada en la **Tabla 16** y un ahorro de ₡37 522 622 calculada con la diferencia de los montos de las facturas de la **Ilustración 49** y la **Ilustración 48**, exponiendo en la **Tabla 46** un ahorro teórico aproximado de ₡4 976 760.84 mensual.

Descripción	Factor	Ahorro proyectado (kWh)/año	ton CO <sub>2</sub> e/año	Ahorro estimado anual (₡)
Generación FV, almacenamiento y Cambio tarifa a T-MT	0.0365	128,899.00	4.70	₡37,522,622.00
Cambio tecnología LED	0.0365	156,092.09	5.70	₡22,198,508.09
<b>TOTAL</b>			<b>10.40</b>	<b>₡59,721,130.09</b>

*Tabla 46. Ahorro equivalente proyectado de proyectos de emisiones eléctricas*

En el plan de gestión de reducciones estudiada y proyectada se obtienen las metas, reducciones y beneficios hacia el medio ambiente en cada proyecto propuesto.

Posteriormente, mediante la ecuación (1) de carbono neutralidad se declara la implementación del plan de acción de proyectos de ejecución a corto y mediano plazo, excluyendo en la cuantificación al proyecto de cambio de refrigerante propuesto, porque se encuentra el equipo chiller en la mitad de la vida útil (faltan aproximadamente 10 años), pero si exigiendo un mejor mantenimiento preventivo para evitar fugas y recargas del refrigerante actual, ahorrando aproximadamente

70.42 toneladas de CO<sub>2</sub>e anual por la fuga del 2019 y la utilización de un 75% de los carros de combustión, aprovechando los carros eléctricos con un ahorro de 28.33 toneladas de CO<sub>2</sub>e.

$$\Sigma E - \Sigma R - \Sigma C = 0$$

$$342.35 - (70.42 + 10.40 + 28.33) - 233.2 = 0$$

Se debe compensar 233.2 Toneladas de CO<sub>2</sub>e para tener el reconocimiento de carbono neutral del edificio Pbro. Benjamín Núñez.

Desde el punto de vista económico, se proyectan los 6 análisis donde la variable común es el cambio de tarifa de T-CO a T-MT, al no necesitar una aprobación presupuestaria previa por parte del MTSS, es una gestión directa con la empresa distribuidora CNFL.

En la **Tabla 47** se resume los análisis económicos de los proyectos propuestos, se puede comprobar que los proyectos individuales de iluminación LED o instalación de paneles solares son una inversión viable en comparación con las baterías Powerpack de Tesla, cuyo porcentaje de ahorro y estructura de modelo es similar al valor proyectado de pago mensual en las facturas eléctricas. Vinculado a lo anterior, con la menor inversión inicial a nivel individual se llega a resultados análogos como medida importante a nivel de decisiones presupuestarias.

Proyecto	Inversión inicial	Inversión inicial USD	Retorno de la inversión en años	Porcentaje Ahorro proyecto	Porcentaje Ahorro total con T-MT	Diferencia facturación anual con Ilustración 40	Valor proyectado de pago mensual en facturas
Cambio a T-MT	₡ -	\$ -	-	-	16.77%	₡ 81,841,771.00	₡ 6,820,147.58
paneles solares	₡ 74,359,637.87	\$ 121,053.67	2.12	18.53%	35.30%	₡ 63,619,181.17	₡ 5,301,598.43
iluminación LED	₡ 114,877,255.63	\$ 187,014.27	3.16	20.48%	37.25%	₡ 61,706,412.94	₡ 5,142,201.08
baterías Tesla	₡ 274,055,718.95	\$ 446,148.63	6.92	19.63%	36.40%	₡ 62,541,738.83	₡ 5,211,811.57
iluminación LED+paneles	₡ 189,236,893.50	\$ 308,067.94	3.46	39.01%	55.78%	₡ 44,788,337.81	₡ 3,732,361.48
paneles+baterías	₡ 348,415,356.82	\$ 567,202.30	6.01	38.16%	54.93%	₡ 44,319,149.00	₡ 3,693,262.42
paneles+baterías +iluminación	₡ 463,292,612.45	\$ 754,216.57	5.98	58.63%	75.41%	₡ 24,183,790.94	₡ 2,015,315.91

**Tabla 47. Resumen de datos premeditados de los análisis económicos de proyectos individuales y conjuntos estudiados**



El porcentaje de ahorro total y el valor proyectado de pago mensual de facturas eléctricas en proyectos conjuntos tienen un retorno de inversión viable en el flujo de efectivo a 20 años. La recuperación es factible en los proyectos conjuntos, con una recuperación menor de la quinta parte en el cambio de iluminación LED con paneles solares y aproximadamente una tercera parte en el proyecto de paneles solares con las 3 baterías Powerpack y con todos los modelos propuestos en funcionamiento, sin embargo, al ser los costos de inversión inicial elevados, es la limitación más pronunciada que se someten los proyectos; en razón que se requiere disponibilidad de fondos por parte del presupuesto nacional.

Dentro del contexto se analizaron los diferentes factores y de manera individual el proyecto de paneles solares demuestra ser el más factible y el modelo conjunto total donde teóricamente demuestra un ahorro aproximado del 75.41% con una recuperación de la inversión del proyecto menor a la tercera parte del flujo de efectivo.

Es importante mencionar que la volatilidad del dólar no es un factor indispensable de evaluar, ya que con una hipótesis al valor del tipo de cambio con variaciones que pueden oscilar entre ₡600 a ₡670, razón por lo cual no será considerado en la materia, ya que haciendo el análisis no sufren alteración significativa en la tasa de retorno de los proyectos propuestos. El análisis cuantitativo de los proyectos utilizando el tipo de cambio que corresponde en el año 0, se estimará en el momento que se apruebe el presupuesto por parte de la Dirección General de Presupuesto Nacional del Ministerio de Hacienda al Programa 72 900 del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.

## 5. CONCLUSIONES

El presente proyecto desarrollado de forma parcial o total contribuye y cumple directamente con la reducción de la huella de carbono del edificio Presbítero Benjamín Núñez. El impacto de la aplicación de estas medidas es más claro una vez que establecen propuestas de disminución por medio del plan de acción presentado, definiendo como consecución de evaluación y eficiencia energética un objetivo propuesto.

El estudio del edificio central del MTSS, de más de 30 años de construido es significativo mediante se plantean alcances de acondicionamiento ambiental ante esquemas propuestos en términos de energía final y se identifican oportunidades del desempeño optimizando el seguimiento del cumplimiento del objetivo de evaluación energética.

Con el análisis de datos de perfil de carga y climatológicos se definió la capacidad de atención del comportamiento eléctrico puntual de los modelos establecidos con la proyección estadística, adecuando las mejores decisiones de operación óptima de los equipos mediante los horarios de generación energía eléctrica del edificio Pbro. Benjamín Núñez.

El comportamiento transitorio del tipo de energía fotovoltaica demuestra como objetivo del presente documento establecer un modelo adecuado estadístico de correlación para estimar la potencia y energía a partir de los datos meteorológicos alternos.

El proceder atípico de los años 2020 y actual por la pandemia, no es óptimo hacer un parámetro de estudio estadístico por los cambios del año base en función del aforo (cerca de un 20% de funcionarios) y teletrabajo establecido. Las condiciones de operación del edificio se vieron afectadas y no es recomendable la veracidad y utilización de los datos para tomar conclusiones precisas.

Con el diseño del proyecto de generación y almacenamiento de energía se identifica un ahorro importante en la facturación eléctrica, mediante la automatización de utilización de los parámetros de funcionamiento de los equipos de almacenamiento en función a un horario predeterminado previamente analizado en los datos de potencia del perfil de carga del edificio.

Un método de auge y crecimiento estable en los ahorros de alcance indirecto es el almacenamiento de energía como solución de respuestas de demanda, integración renovable, reserva de capacidad y refuerzo de la capacidad total contra fallos de la red. Ante la generación y búsqueda de mejoras de eficiencia energética en los proyectos propuestos simplifica drásticamente la instalación y asistencia futura, ofreciendo ventajas en todo el sistema y como función de respaldo.

Se representan proyectos con fines ambientales y opciones prioritarias para cumplimientos de planes operativos institucionales en busca de soluciones de la utilización de los recursos naturales y acciones de desarrollo energético aprovechando disponibilidad de energía primaria, enmarcadas en una planificación integral, dadas las restricciones económicas y financieras considerando implicaciones evidentes del sector.

En los análisis de flujo de efectivo, analizando los costos de los proyectos como considerables sumas de dinero, es importante resaltar la recuperación en periodos relativamente cortos del estudio, logrando el objetivo primordial de factibilidad financiera generando valor de éxito en la recuperación de cada proyecto con una liquidez sustancialmente considerable.

## 6. RECOMENDACIONES

Para estimar ahorros e impactos más significativos es recomendable que se efectúe un estudio de cargas y calidad de energía en el edificio Presbítero Benjamín Núñez. Esto permitirá tener una base sólida sobre la operación del edificio y las medidas que se implementarán para optimizar el consumo eléctrico.

Para las emisiones de CO<sub>2</sub> es recomendable que el MTSS genere más campañas de sensibilización y educación ambiental para implementar ahorro energético y que los funcionarios logren reconocer la importancia de llevar un adecuado, ordenado y completo registro de la información.

Asimismo, conforme al Decreto Ejecutivo N° 40200 en su apartado de considerando, menciona que la información debe ser transparente y de libre acceso. Consecuente a esto es importante que se cuente con un buen registro de la información del MTSS para ser utilizada en algunos proyectos como el del Inventario de Gases de Efecto Invernadero.

En base al decreto anterior, se debe retomar un mejor y adecuado traslado de información mediante registros de litros consumidos o comprados de combustible, lubricantes y kilometraje recorrido, tiempo de uso de la planta eléctrica, para poder obtener registros viables y aptos para la generación de un informe exacto en base a la cantidad de emisiones de las fuentes establecidas.

Se debe mejorar en cuanto al registro la salida de las aguas principalmente la DBO<sub>5</sub> y el caudal, con el fin de utilizar los datos de la PTAR Los Tajos y calcular el aporte del edificio de estudio en comparación con las emisiones de CO<sub>2</sub>e generadas en la planta y un estudio de generación de residuos sólidos, con el fin de conocer cuántos residuos se generan en el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social para que contribuyan con el cálculo de la huella de carbono que es importante no solo para la institución sino para generar datos que puedan ser utilizados en el próximo inventario de GEI a nivel país.

Es recomendable después de la pandemia continuar con el estudio de ANOVA y análisis de regresión a partir del año base establecido, continuar documentando el avance y comportamiento del sistema eléctrico en función de la proyección y estimación de datos climatológicos del Instituto Meteorológico Nacional. Lo anterior para obtener datos y comportamientos equitativos al año base en estudio. Los años atípicos se pueden visualizar a modo de estudio académico o un análisis de resultados de la pandemia general de los edificios públicos.

La tecnología y ahorro buscado genera un cambio de cultura asociado a la nula manipulación de apagadores en los circuitos. Con un control de iluminación en los servicios sanitarios del edificio central del MTSS por medio de sensores de detección de movimiento, buscando reducir el contacto manual de personas visitantes y funcionarios en los servicios sanitarios públicos y privados, en atención a los requerimientos actuales del Ministerio de Salud para protección de la pandemia COVID-19 y un ahorro energético ligado conjunto a la tecnología LED con un encendido y apagado automático.

En las propuestas mediante proyectos de implementación ambiental y balance energético, es recomendable reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, el consumo de metro cúbico de agua, el monto de demanda máxima y energía de las tarifas eléctricas. Se recomienda la implementación de manera integral de la optimización de la energía mediante los cambios de tecnología, almacenamiento de energía y la generación verde fomentando una visión ambiental en la sociedad desde un edificio público contribuyendo a la autosuficiencia energética.

Posterior a la ejecución de los proyectos propuestos y medidas recomendadas del plan de acción, en el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social se debe dar seguimiento y control energético mediante una estructura de revisión formal del plan y determinar los parámetros que permitan establecer la funcionalidad para evaluar los avances de ahorro establecidos.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] I. d. G. d. t. I. d. IPCC, «Cambio climático 2013. Bases Físicas,» Unidad de apoyo técnico del Grupo de trabajo I del IPCC, 2013.
- [2] United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), «Kyoto Climate Change Conference - December 1997,» de *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change.*, Kyoto, 1997.
- [3] «The twenty-first session of the Conference of the Parties (COP) and the eleventh session of the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Kyoto Protocol (CMP),» París, 2015.
- [4] C. E. Barbero y Guillermo Monge Guevara, «La generación distribuida para autoconsumo en Costa Rica.Oportunidades y desafíos».
- [5] ICE, «ESTUDIO DEL POTENCIAL SOLAR EN COSTA RICA,» San José, 2006.
- [6] S. C.-Q. J. P. E. Obando-Paredes, «Comparación metodológica para pronosticar capacidad de generación de energía fotovoltaica basado en datos climáticos,» Colombia, 2017.
- [7] G. d. B. 2018-2022, «Plan Nacional de Descarbonización,» 2018.
- [8] D. d. C. C. (. DCC), «Guía para la participación en el Programa País Carbono Neutralidad,» 2018.
- [9] H. G. Pulido y R. de la Vara Salazar, ANÁLISIS Y DISEÑO DE EXPERIMENTOS, Segunda ed., McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C.V..
- [10] D. C. Montgomery, Diseño y análisis de experimentos, segunda ed., Limusa Wiley, 2014.
- [11] SESlab, 2019. [En línea]. Available: [http://seslab.org/fotovoltaico/2\\_la\\_radiacin\\_solar.html](http://seslab.org/fotovoltaico/2_la_radiacin_solar.html).
- [12] J. Careguetti, F. Ambrosio y G. Girod, «Simulador de Trayectoria Solar,» 2016.
- [13] J. D. Ortiz, «Viabilidad técnico-económica de un sistema fotovoltaico de pequeña escala.,» *Revista Visión Electrónica*, nº 1, pp. 103-117, 2013.
- [14] M. F. S. Corea, «Diseño de un sistema de respaldo energético con celdas fotovoltaicas para la reducción de la huella de carbono en la Planta Hidroeléctrica Platanar, San Carlos - Costa Rica,» 2019.
- [15] W. B. C. Cevallos, D. F. Rojas Llangarí, L. E. Domínguez Ruiz, B. A. Cruz Manya y M. E. Yerovi Juiña, «LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA,» *Revista contribuciones a la Economía (enero-marzo 2019)*, 2019.
- [16] S. Morales, C. Meza y M. Hernández, «Construcción de una instalación fotovoltaica experimental,» 2016.
- [17] M. R. Patel, Wind and Solar Power Systems, Second Edition ed., CRC Press, 2006.
- [18] R. González, J. D. Rojas, J. Quiros y G. Valverde, «Metodología de estimación de rentabilidad de sistemas fotovoltaicos en Costa Rica,» 2016.
- [19] N. R. F. Rivera y M. Á. Domínguez Ramírez, «Medición de la eficiencia energética de los paneles solares de silicio».
- [20] M. G. Hernández y A. Morales Brenes, «Manual para neutralizar la huella de carbono en centros educativos,» 1° ed., San José.
- [21] C. N. d. F. y. Luz, «Perfil de carga MTSS,» 2019.
- [22] I. M. d. C. Rica, «Estaciones de Radiación Global,» 2019.
- [23] E. L. d. M. d. R. S. d. I. U. d. Oregon, «Programa de gráficos de trayectoria solar,» [En línea]. Available: <http://solar.dat.uoregon.edu/SunChartProgram.php>. [Último acceso: 2021].
- [24] «Factores de emisión de gases de efecto invernadero,» 2020.
- [25] QMadis, «QMadis,» [En línea]. Available: <https://qmadis.com/blog/sensores-movimiento-luz/>.
- [26] D. d. G. d. C. Ambiental, «Guía de reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero en el sector público,» 2016.

- [27] FONAFIFO. [En línea]. Available: <http://www.fonafifo.go.cr/es/informacion-general/preguntas-frecuentes/>. [Último acceso: 2019].
- [28] J. R. Domenech y C. A. Rincón, «GUIA PRACTICA PARA EL USO DE EFICIENTE DEL AGUA EN EL SECTOR PUBLICO COSTARRICENSE».
- [29] J. C. G. Bonilla, «Sistemas de autolavado ecoamigable para autolavados no automatizados del país,» 2011.
- [30] «CONTRIBUCIÓN PREVISTA Y DETERMINADA A NIVEL NACIONAL DE COSTA RICA,» San José, 2015.
- [31] «PLAN NACIONAL DE ENERGIA 2015-2030,» SAN JOSE.
- [32] C. I. p. I. I. d. F. d. E. Niño, 2017. [En línea]. Available: [http://www.ciifen.org/index.php?option=com\\_content%26view%3Dcategory%26layout%3Dblog%26id%3D99%26Itemid%3D132%26lang%3Des](http://www.ciifen.org/index.php?option=com_content&view=category%26layout=blog%26id%26Itemid%26lang=es).
- [33] P. F. DIEZ, «PROCESOS TERMOSOLARES EN BAJA, MEDIA Y ALTA TEMPERATURA,» 1992.
- [34] A. Marsh, «sunpath3d,» 2021. [En línea]. Available: <https://drajmarsh.bitbucket.io/sunpath3d.html>.
- [35] J. M. Zeledón, «UN APORTE AL DEBATE SOBRE FUENTES ALTERNATIVAS DE ENERGÍA EN COSTA RICA. EL CASO DE LA ENERGÍA SOLAR,» 2016.
- [36] R. A. R. Chaves, «La situación actual de la Generación Distribuida en Costa Rica,» 2017.
- [37] «Decreto N° 39220-MINAE,» *Reglamento Generación Distribuida para Autoconsumo con Fuentes Renovables Modelo de Contratación Medición Neta Sencilla*, 14 09 2015.
- [38] R. C. d. Petróleo, «Plan De Descarbonización del Sector Transporte Terrestre,» 2018.
- [39] «Eficiencia Energética,» 2020. [En línea]. Available: [https://certificacionenergetica.info/ist/pdf/Tabla\\_9\\_Factor\\_de\\_correccion\\_k\\_para\\_superficies\\_inclinadas.pdf](https://certificacionenergetica.info/ist/pdf/Tabla_9_Factor_de_correccion_k_para_superficies_inclinadas.pdf).
- [40] BlueSun, 2021. [En línea]. Available: <https://www.bluesunpv.com/>.
- [41] «Global Solar Atlas,» 2021. [En línea]. Available: <https://globalsolaratlas.info/map?c=10.007208,-84.265801,11&s=10.007208,-84.265801&m=site>.
- [42] N. y. d. b. I. I. C. B.-S. 3.0. [En línea]. Available: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e7/Solar\\_spectrum\\_en.svg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e7/Solar_spectrum_en.svg).

## APENDICES

### APÉNDICE 1. Cálculo en Toneladas CO<sub>2e</sub> las emisiones GEI de combustión fija.

Cálculos							
Información			Emisiones				
Fuente	Tipo de emisión	Consumo (L/año)	kg CO <sub>2</sub> /año	kg CH <sub>4</sub> /año	kg NO <sub>2</sub> /año	Kg CO <sub>2eq</sub> /año	Ton CO <sub>2e</sub> /año
Planta de Generación de Energía	Diesel	116.817	305.242821	0.01425167	0.002852671	306.4264342	0.306426434

Cálculo de consumo de combustible total		
Mes de compra de combustible	Litros comprados	Cantidad de meses
[Diciembre del 2018, julio del 2019]	68.143	7
[Agosto del 2019, diciembre del 2019]	48.674	5
Ecuación a utilizar		
$C_{faltante} = \frac{C_{(dic a jul)} * C_{meses faltantes (agos a dic)}}{C_{meses (dic a jul)}}$		

Dónde:

$C_{(dic a jul)}$  = Consumo de combustible usado desde diciembre del 2018 a julio 2019

(Litros/7 meses)

$C_{faltante}$  = Consumo de

combustible de agosto a diciembre del 2019 (Litros/5 meses)

$C_{meses faltantes (agost a dic)}$  = Cantidad de meses faltantes de agosto a diciembre

$C_{meses (dic a jul)}$  = Cantidad de meses que se usó el combustible comprado en diciembre del 2018

Cálculo de consumo de combustible de agosto a diciembre 2019

$$\frac{48,674 \text{ L}}{5 \text{ meses}} = \frac{\left(\frac{68,143 \text{ L}}{7 \text{ meses}}\right) * 5 \text{ meses}}{7 \text{ meses}}$$

Consumo total 2019 = 68, 143 (L/7 meses) + 48, 674 (L /5 meses)

<b>Consumo total 2019 (L)</b>	<b>116.817</b>
-------------------------------	----------------



**APÉNDICE 2. Cálculo en Toneladas CO<sub>2e</sub> las emisiones GEI de combustión móvil.**

Información					Emisiones				
Placa del Vehículo	Tipo de emisión	Marca	Año	Consumo (L/año)	Kg CO <sub>2</sub> / año	kg CH <sub>4</sub> / año	kg NO <sub>2</sub> / año	Kg CO <sub>2e</sub> /año	Ton CO <sub>2e</sub> /año
PE- 15-121	Gasolina	Daihatsu Terios	2008	1856.97	4142.90	1.68	0.53	4341.19	4.34
PE- 15-122	Diesel	Toyota Hilux	2008	1540.71	4025.87	0.23	0.24	4104.25	4.10
PE- 15-125	Diesel	Nissan Frontier	2009	2445.92	6391.19	0.36	0.38	6515.61	6.52
PE- 15-126	Diesel	Nissan Frontier	2009	750.94	1962.21	0.11	0.12	2000.41	2.00
PE- 15-134	Diesel	Toyota Hilux	2008	2598.48	6789.83	0.39	0.40	6922.01	6.92
PE- 15-143	Gasolina	Daihatsu Terios	2011	1827.51	4077.17	1.66	0.52	4272.31	4.27
PE- 15-146	Gasolina	Daihatsu Terios	2010	2605.44	5812.74	2.36	0.74	6090.94	6.09
PE- 15-147	Gasolina	Suzuki APV	2011	527.12	1176.00	0.48	0.15	1232.29	1.23
PE- 15-152	Gasolina	Toyota Rav4	2012	2002.59	4467.78	1.82	0.57	4681.61	4.68
PE- 12-154	Gasolina	Toyota Rav4	2012	2273.88	5073.03	2.06	0.64	5315.82	5.32
PE- 15-162	Gasolina	Toyota Rav4	2012	767.31	1711.87	0.70	0.22	1793.80	1.79
PE- 15-174	Diesel	Hyundai Galloper	1996	1547.28	4043.04	0.23	0.24	4121.75	4.12
786092	Diesel	Toyota Prado	2008	2826.53	7385.72	0.42	0.44	7529.51	7.53
PE- 15-163	Gasolina	Toyota Corolla	2012	1071.16	2389.76	0.97	0.30	2504.13	2.50
PE- 15-164	Gasolina	Daihatsu Terios	2008	1979.89	4417.13	1.80	0.56	4628.53	4.63
61-854	Gasolina	Daihatsu Terios	2009	458.90	1023.80	0.42	0.13	1072.79	1.07
PE- 15-142	Gasolina	Daihatsu Terios	2010	1547.28	3451.98	1.40	0.44	3617.20	3.62
PE- 15-149	Gasolina	Mitsubishi Lancer	2011	1547.28	3451.98	1.40	0.44	3617.20	3.62

PE-15-160	Gasolina	Toyota Rav4	2012	1547.28	3451.98	1.40	0.44	3617.20	3.62
PE-15-161	Gasolina	Toyota Rav4	2012	1547.28	3451.98	1.40	0.44	3617.20	3.62
PE- 15-173	Gasolina	Toyota Prius	2016	1547.28	3451.98	1.40	0.44	3617.20	3.62
PE- 15-181	Diesel	Nissan Frontier	2018	1547.28	4043.04	0.23	0.24	4121.75	4.12
PE- 15-183	Diesel	Nissan Frontier	2018	660.10	1724.83	0.10	0.10	1758.41	1.76
PE- 15-184	Diesel	Nissan Frontier	2018	305.74	798.90	0.05	0.05	814.45	0.81
BLH-765	Gasolina	Toyota Prius	2016	978.24	2182.45	0.89	0.28	2286.91	2.29
BLH-766	Gasolina	Toyota Prius	2016	140.88	314.30	0.13	0.04	329.35	0.33
BMT-025	Diesel	Nissan X-Trail	2009	1249.82	3265.79	0.19	0.19	3329.37	3.33
BFX- 361	Diesel	Toyota Land Cruiser Prado	2014	1547.28	4043.04	0.23	0.24	4121.75	4.12
CL- 285881	Diesel	Toyota Hilux	2016	1547.28	4043.04	0.23	0.24	4121.75	4.12
PE-15-189	Gasolina	Toyota Corolla Gill	2012	1547.28	3451.98	1.40	0.44	3617.20	3.62
PE-15-190	Gasolina	Toyota Corolla Gill	2012	1547.28	3451.98	1.40	0.44	3617.20	3.62
<b>Total</b>	-			45888.20	109469.31	27.55	10.59	113331.05	<b>113.33</b>

**APÉNDICE 3. Cálculo en Toneladas CO<sub>2e</sub> las emisiones GEI de aire acondicionado.**

<b>Cálculos</b>										
<b>Información</b>							<b>Emisiones</b>			
<b>Fuente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Tipo de emisión</b>	<b>Estado de emisión</b>	<b>Carga (Lbs)</b>	<b>PCG</b>	<b>Vida útil (Lbs)</b>	<b>Vida útil (kg)</b>	<b>kg CO<sub>2eq</sub>/año</b>	<b>ton CO<sub>2eq</sub>/año</b>
<b>Emisiones de climatización del edificio</b>										
Sistema Chiller York #1	1	162 ton de refrigeración	R-410a	Fugitiva	90	1725	9	4.0824	7042.14	7.04214
Sistema Chiller York #2	1	162 ton de refrigeración	R-410a	Recarga	90	1725	90	40.824	70421.4	70.4214
A/A York	2	60 000 BTU	R-22	Retiro	95	1500	95	43.092	64638	64.638
A/A ICP	5	60 000 BTU		Retiro						
A/A ICP	2	36 000 BTU		Retiro						
<b>Emisiones de climatización de vehículos</b>										
A/A de PE- 15-121	1	-	R-134a	Recarga	1.433	1430	1.433	0.65	929.5	0.9295
A/A de PE- 15-122	1	-		Recarga	0.9921		0.992	0.45	643.5	0.6435
A/A de PE- 15-125	1	-		Recarga	1.213		1.213	0.55	786.5	0.7865
A/A de PE- 15-126	1	-		Recarga	1.213		1.213	0.55	786.5	0.7865
A/A de PE- 15-134	1	-		Fugitiva	0.992		0.198	0.09	128.7	0.1287
A/A de PE- 15-143	1	-		Recarga	1.433		1.433	0.65	929.5	0.9295
A/A de PE- 15-146	1	-		Fugitiva	1.433		0.287	0.13	185.9	0.1859
A/A de PE- 15-147	1	-		Fugitiva	1.653		0.331	0.15	214.5	0.2145
A/A de PE- 15-152	1	-		Fugitiva	1.543		0.309	0.14	200.2	0.2002
A/A de PE- 15-154	1	-		Fugitiva	1.543		0.309	0.14	200.2	0.2002
A/A de PE- 15-162	1	-		Fugitiva	1.543		0.309	0.14	200.2	0.2002
A/A de PE- 15-163	2	-		Recarga	1.940		1.940	0.88	1258.4	1.2584

A/A de PE- 15-164	1	-		Recarga	1.433		1.433	0.65	929.5	0.9295
A/A de PE- 15-173	1	-		Fugitiva	1.213		0.243	0.11	157.3	0.1573
A/A de PE- 15-174	1	-		Recarga	1.764		1.764	0.8	1144	1.144
A/A de 786092	1	-		Fugitiva	1.653		0.331	0.15	214.5	0.2145
A/A de 61-854	1	-		Fugitiva	1.433		0.287	0.13	185.9	0.1859
A/A de PE- 15-142	1	-		Fugitiva	1.433		0.287	0.13	185.9	0.1859
A/A de PE- 15-149	1	-		Fugitiva	1.764		0.353	0.16	228.8	0.2288
A/A de PE- 15-160	1	-		Fugitiva	1.653		0.331	0.15	214.5	0.2145
A/A de PE- 15-161	1	-		Fugitiva	1.653		0.331	0.15	214.5	0.2145
A/A de PE- 15-181	1	-		Fugitiva	1.984		0.397	0.18	257.4	0.2574
A/A de PE- 15-183	1	-		Fugitiva	1.984		0.397	0.18	257.4	0.2574
A/A de PE- 15-184	1	-		Fugitiva	1.984		0.397	0.18	257.4	0.2574
A/A de PE- 15-189	1	-		Recarga	1.764		1.764	0.8	1144	1.144
A/A de PE- 15-190	1	-		Recarga	1.764		1.764	0.8	1144	1.144
A/A de BHL- 765	1	-		Fugitiva	1.213		0.243	0.11	157.3	0.1573
A/A de BHL- 766	1	-		Recarga	1.213		1.213	0.55	786.5	0.7865
A/A de BMT- 025	1	-		Fugitiva	1.102		0.220	0.19	786.5	0.7865
A/A de BFX- 361	1	-		Fugitiva	2.094		0.419	0.16	271.7	0.2717
A/A de CL-285881	1	-		Fugitiva	1.764		0.353	97.8484	228.8	0.2288
<b>Total</b>	<b>41</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>318.937</b>	<b>-</b>	<b>215.71</b>	<b>97.75</b>	<b>156830.54</b>	<b>156.8305</b>

APÉNDICE 4. Cálculo en Toneladas CO<sub>2e</sub> las emisiones GEI de refrigeradoras.

Cálculos										
Información							Emisiones			
Fuente	Cantidad	Capacidad (g)	Tipo de emisión	Estado de Emisión	Carga (Lbs)	PCG	Vida útil (Lbs)	Vida útil (kg)	kg CO <sub>2e</sub> /año	ton CO <sub>2e</sub> /año
Mini refrigeradora Oster OS-MB129BV	1	500	R-600a	Fugitiva	1.10	3	0.006	0.003	0.008	0.0000075
Refrigeradora Atlas AC14DSAAWA	3	150	R-134a	Fugitiva	0.99	1430	0.005	0.002	3.218	0.0032175
Refrigeradora Mabe RWL09W08	7	500	R-134a	Fugitiva	7.72	1430	0.039	0.018	25.025	0.0250250
Refrigeradora Mabe W14GFX	3	500	R-134a	Fugitiva	3.31	1430	0.017	0.008	10.725	0.0107250
Refrigeradora GE TBC63YO7	1	500	R-134a	Fugitiva	1.10	1430	0.006	0.003	3.575	0.0035750
Refrigeradora Daewoo PR1261W	1	500	R-600a	Fugitiva	1.10	3	0.006	0.003	0.008	0.0000075
Refrigeradora LG LT43 BGP	1	61	R-600a	Fugitiva	0.13	3	0.001	0.000	0.001	0.0000009
Refrigeradora Atlas f28lvb	1	500	R-134a	Fugitiva	1.10	1430	0.006	0.003	3.575	0.0035750
<b>Total</b>	<b>18</b>	<b>3211</b>	-	-	<b>16.56</b>	-	<b>0.083</b>	<b>0.038</b>	<b>46.133</b>	<b>0.0461334</b>

Estado de emisión
Fugitiva
Recarga
Retiro

**APÉNDICE 5. Cálculo en Toneladas CO<sub>2</sub>e las emisiones GEI de extintores.**

Cálculos						
Información						
ID extintor	Fuente	Tipo de emisión	Capacidad (Lbs)	PCG	kg CO <sub>2</sub> eq/año	ton CO <sub>2</sub> eq/año
3	Badger	CO <sub>2</sub>	10	1	4.536	0.004536
7	Buckeye	CO <sub>2</sub>	10	1	4.536	0.004536
7	Amerex	HCFC-123	11	90	449.064	0.449064
16	Badger	CO <sub>2</sub>	10	1	4.536	0.004536
17	Badger	CO <sub>2</sub>	10	1	4.536	0.004536
19	Amerex	HCFC-123	11	90	449.064	0.449064
20	Badger	CO <sub>2</sub>	10	1	4.536	0.004536
21	Amerex	HCFC-123	11	90	449.064	0.449064
22	Amerex	HCFC-123	11	90	449.064	0.449064
27	Buckeye	CO <sub>2</sub>	10	1	4.536	0.004536
29	Buckeye	CO <sub>2</sub>	10	1	4.536	0.004536
30	Buckeye	CO <sub>2</sub>	10	1	4.536	0.004536
31	Buckeye	CO <sub>2</sub>	10	1	4.536	0.004536
32	Buckeye	CO <sub>2</sub>	10	1	4.536	0.004536
33	Buckeye	CO <sub>2</sub>	10	1	4.536	0.004536
<b>Total</b>		-	<b>154</b>	-	<b>1846.152</b>	<b>1.846152</b>

**APÉNDICE 6. Cálculo en Toneladas CO<sub>2e</sub> las emisiones GEI de lubricantes.**

<b>Cálculos</b>					
<b>Fuente</b>	<b>Información</b>			<b>Emisiones</b>	<b>Emisiones</b>
	<b>Cantidad de cambios</b>	<b>Consumo (galones/cambio)</b>	<b>Consumo (Litros)</b>	<b>kg CO<sub>2e</sub>/año</b>	<b>Ton CO<sub>2e</sub>/año</b>
PE- 15-121	1	1	3.785	1.931	0.001931
PE- 15-143	1	1	3.785	1.931	0.001931
PE- 15-152	1	1	3.785	1.931	0.001931
PE- 15-121	4	2	30.280	15.446	0.015446
PE- 15-122	3	2	22.71	11.584	0.011584
PE- 15-125	4	2	30.28	15.446	0.015446
PE- 15-126	3	2	22.71	11.584	0.011584
PE- 15-134	4	2	30.28	15.446	0.015446
PE- 15-142	1	2	7.57	3.861	0.003861
PE- 15-143	3	2	22.71	11.584	0.011584
PE- 15-146	4	2	30.28	15.446	0.015446
PE- 15-147	2	2	15.14	7.723	0.007723
PE- 15-149	2	2	15.14	7.723	0.007723
PE- 15-152	3	2	22.71	11.584	0.011584
PE- 15-154	4	2	30.28	15.446	0.015446
BMT-025	1	2	7.57	3.861	0.003861
PE- 15-160	2	2	15.14	7.723	0.007723
PE- 15-161	2	2	15.14	7.723	0.007723
PE- 15-162	1	2	7.57	3.861	0.003861
PE- 15-163	3	2	22.71	11.584	0.011584
PE- 15-164	4	2	30.28	15.446	0.015446
PE- 15-173	1	2	7.57	3.861	0.003861
PE- 15-174	1	2	7.57	3.861	0.003861
786092	5	2	37.85	19.307	0.019307
BFX-361	3	2	22.71	11.584	0.011584
BHL- 765	1	2	7.57	3.861	0.003861
BHL- 766	2	2	15.14	7.723	0.007723
CL- 285881	3	2	22.71	11.584	0.011584
<b>Total</b>	<b>69</b>	<b>53</b>	<b>510.975</b>	<b>260.648</b>	<b>0.260648348</b>

APÉNDICE 7. Cálculo en Toneladas CO<sub>2e</sub> las emisiones GEI de electricidad.

<b>Cálculos</b>			
<b>Mes Año 2019</b>	<b>Electricidad comprada (kWh/mes)</b>	<b>Emisiones mensuales (Kg CO<sub>2e</sub>)</b>	<b>Emisiones mensuales (ton CO<sub>2e</sub>)</b>
Enero	45 160	1 648.34	1.648
Febrero	48 840	1 782.66	1.783
Marzo	52 520	1 916.98	1.917
Abril	54 320	1 982.68	1.983
Mayo	51 840	1 892.16	1.892
Junio	57 720	2 106.78	2.107
Julio	55 760	2 035.24	2.035
Agosto	54 560	1 991.44	1.991
Septiembre	53 280	1 944.72	1.945
Octubre	55 040	2 008.96	2.009
Noviembre	54 160	1 976.84	1.977
Diciembre	57 560	2 100.94	2.101
<b>Total</b>	<b>640 760</b>	<b>23 387.74</b>	<b>23.388</b>



APÉNDICE 8. Cálculo en toneladas CO<sub>2</sub>e las emisiones GEI de residuos.

Cálculos Aguas Residuales									
Tipo de tratamiento	Cantidad de trabajadores del MTSS	Horas en la organización al día	Días Laborados a la semana	semanas en un año	Consumo de agua (m <sup>3</sup> /año)	Carga DBO (g/año)	kg CH <sub>4</sub> /año	Kg CO <sub>2</sub> e/año	Ton CO <sub>2</sub> e/año
Alcantarillado sanitario	384	8	5	52	6 270	1 331200	79.87	1 677.31	<b>1.67</b>

Cálculos Residuos Sólidos								
Tipo de tratamiento	Cantidad de trabajadores del MTSS	Horas en la organización al día	Días Laborados a la semana	semanas en un año	Cantidad de residuos generados (kg/año)	kg CH <sub>4</sub> /año	Kg CO <sub>2</sub> e/año	Ton CO <sub>2</sub> e/año
Relleno sanitario	384	8	5	52	36 608	2 126.92	44 665.42	44.66
<i>NOTA: más adelante se podría incorporar en esta hoja los kg de residuos sólidos ordinarios que el edificio genera al año de acuerdo a información específica de masa de residuos enviados al relleno sanitario.</i>								

## APÉNDICE 9. Estudio de evaluación económica y huella de carbono del cambio sectorial por niveles de iluminación.

Base Instalada				Propuesta-(LED)			
Cant	Descripción	Watts*Luminaria	Total de Watts	Cant	Descripción	Watts*Luminaria	Total de Watts
LUMINARIA ANTERIOR				LUMINARIA ACTUAL			
1	luminarias varias	83470.00	83470.0	1	luminarias varias	36352	36352
		<b>Total kW</b>	<b>83.47</b>			<b>Total kW</b>	<b>36.35</b>

Análisis en kWh días hábiles	
8 horas consumo máximo	667.76
4 horas consumo medio	166.94
12 horas consumo mínimo	100.16
<b>TOTAL kWh 24 horas</b>	<b>934.86</b>

Análisis en kWh días no hábiles	
24 horas consumo mínimo	200.33

Total energía mensual en kWh 21,435.10

Análisis en kWh días hábiles	
8 horas consumo máximo	290.82
4 horas consumo medio	72.70
12 horas consumo mínimo	43.62
<b>TOTAL kWh 24 horas</b>	<b>407.14</b>

Análisis en kWh días no hábiles	
24 horas consumo mínimo	87.24

Total energía mensual en kWh 9,335.19

Análisis en kW días hábiles	
8 horas consumo máximo	83.47
4 horas consumo medio	41.74
12 horas consumo mínimo	8.35
<b>TOTAL kWh diario</b>	<b>934.86</b>

Análisis en kWh días no hábiles	
Días consumo mínimo	200.33

COSTO DE LUMINARIA \$ 176,691.85

Análisis en kW días hábiles	
8 horas consumo máximo	36.35
4 horas consumo medio	18.18
12 horas consumo mínimo	3.64
<b>TOTAL kWh diario</b>	<b>407.14</b>

Análisis en kWh días no hábiles	
Días consumo mínimo	87.24

Costo Electricidad			
KW	Situación Actual	Propuesta LED	Ahorro
kW Totales	83.47	36.35	47.12
kWh Día hábil	934.86	407.14	527.72
kWh Mensual total	21,435.10	9,335.19	
Costo de la Luz mensual	\$ 4,501.37	\$ 1,960.39	
Costo de la Luz anual	\$ 54,016.44	\$ 23,524.69	
Ahorro Factura Eléctrica			
Tecnología	Ahorro	%	
LED	\$ 30,491.75	<b>56.45</b>	

Ahorro Total		
Ahorro Mant	Ahorro Fact	Ahorro Total
\$ 2,700.82	\$ 30,491.75	<b>\$ 33,192.58</b>
Inversion	ROI	Tipo/Cambio
\$ 176,691.85	5.3	<b>614.27</b>

Huella de carbono				
kWh/mes ahorrados	Factor	kg CO2 e/kWh	kg CO2e/año	ton CO2e/año
12,100	0.0365	441.65	5299.76	5.30

## APÉNDICE 10. Estudio de evaluación económica y huella de carbono de los descansos de las escaleras principales.

Base Instalada				Propuesta-(LED)			
Cant	Descripción	Watts*Luminaria	Total de Watts	Cant	Descripción	Watts*Luminaria	Total de Watts
<b>LUMINARIA ANTERIOR</b>				<b>LUMINARIA ACTUAL</b>			
1	luminarias varias	1332.94	1332.9	1	luminarias varias	648	648
		<b>Total KW</b>	<b>1.33</b>			<b>Total KW</b>	<b>0.65</b>
<b>Análisis en kWh días hábiles</b>				<b>Análisis en kWh días hábiles</b>			
		8 horas consumo máximo	10.66			8 horas consumo máximo	5.18
		4 horas consumo medio	2.67			4 horas consumo medio	1.30
		12 horas consumo mínimo	1.60			12 horas consumo mínimo	0.78
		<b>TOTAL kWh 24 horas</b>	<b>14.93</b>			<b>TOTAL kWh 24 horas</b>	<b>7.26</b>
<b>Análisis en kWh días no hábiles</b>				<b>Análisis en kWh días no hábiles</b>			
		24 horas consumo mínimo	3.20			24 horas consumo mínimo	1.56
<b>Total energía mensual en kWh</b>			<b>342.30</b>	<b>Total energía mensual en kWh</b>			<b>166.41</b>
<b>Análisis en kW días hábiles</b>				<b>Análisis en kW días hábiles</b>			
		8 horas consumo máximo	1.33			8 horas consumo máximo	0.65
		4 horas consumo medio	0.67			4 horas consumo medio	0.32
		12 horas consumo mínimo	0.13			12 horas consumo mínimo	0.06
		<b>TOTAL kWh diario</b>	<b>14.93</b>			<b>TOTAL kWh diario</b>	<b>7.26</b>
<b>Análisis en kWh días no hábiles</b>				<b>Análisis en kWh días no hábiles</b>			
		Días consumo mínimo	3.20			Días consumo mínimo	1.56

Costo Electricidad			
KW	Situación Actual	Propuesta LED	Ahorro
kW Totales	1.33	0.65	0.68
kWh Día hábil	14.93	7.26	7.67
kWh Mensual total	342.30	166.41	
Costo de la Luz mensual	\$ 71.88	\$ 34.95	
Costo de la Luz anual	\$ 862.59	\$ 419.34	

Ahorro Factura Eléctrica		
Tecnología	Ahorro	%
LED	\$ 443.25	<b>51.39</b>

Ahorro Total		
Ahorro Mant	Ahorro Fact	Ahorro Total
\$ 172.52	\$ 443.25	<b>\$ 615.76</b>

Inversion	ROI	Tipo/Cambio
\$ 4,029.58	<b>6.5</b>	<b>614</b>

Huella de carbono				
kWh/mes ahorrados	Factor	kg CO2 e/kWh	kg CO2e/año	ton CO2e/año
<b>175.89</b>	<b>0.0365</b>	<b>6.42</b>	<b>77.04</b>	<b>0.08</b>

## APÉNDICE 11. Estudio de evaluación económica y huella de carbono de los servicios sanitarios del MTSS.

Base Instalada				Propuesta-(LED)			
Cant	Descripción	Watts*Luminaria	Total de Watts	Cant	Descripción	Watts*Luminaria	Total de Watts
<b>LUMINARIA ANTERIOR</b>				<b>LUMINARIA ACTUAL</b>			
1	luminarias varias	3750.00	3750.0	1	luminarias varias	900	900
			<b>Total KW</b>				<b>Total KW</b>
			<b>3.75</b>				<b>0.90</b>

Análisis en kWh días hábiles	
8 horas consumo máximo	30.00
4 horas consumo medio	7.50
12 horas consumo minimo	4.50
<b>TOTAL kWh 24 horas</b>	
<b>42.00</b>	

Análisis en kWh días no hábiles	
24 horas consumo minimo	9.00

**Total energía mensual en kWh** | 963.00

Análisis en kW días hábiles	
8 horas consumo máximo	3.75
4 horas consumo medio	1.88
12 horas consumo minimo	0.38
<b>TOTAL kWh diario</b>	
<b>42.00</b>	

Análisis en kWh días no hábiles	
Días consumo minimo	9.00

Análisis en kWh días hábiles	
8 horas consumo máximo	7.20
4 horas consumo medio	1.80
12 horas consumo minimo	1.08
<b>TOTAL kWh 24 horas</b>	
<b>10.08</b>	

Análisis en kWh días no hábiles	
24 horas consumo minimo	2.16

**Total energía mensual en kWh** | 231.12

Análisis en kW días hábiles	
8 horas consumo máximo	0.90
4 horas consumo medio	0.45
12 horas consumo minimo	0.09
<b>TOTAL kWh diario</b>	
<b>10.08</b>	

Análisis en kWh días no hábiles	
Días consumo minimo	2.16

Costo Electricidad		
KW	Situación Actual	Propuesta LED
kW Totales	3.75	0.90
kWh Día hábil	42.00	10.08
kWh Mensual total	963.00	231.12
Costo de la Luz mensual	202.23	48.54
Costo de la Luz anual	\$ 2,426.76	\$ 582.42
Ahorro Factura Eléctrica		
Tecnología	Ahorro	%
LED	\$ 1,844.34	<b>76.00</b>

Ahorro Total		
Ahorro Mant	Ahorro Fact	Ahorro Total
\$ 485.35	\$ 1,844.34	<b>\$ 2,329.69</b>

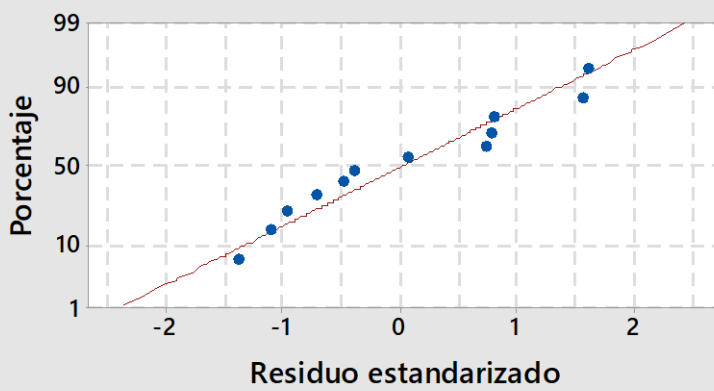
Inversion	ROI	Tipo/Cambio
\$ 6,292.84	<b>2.7</b>	<b>614</b>

Huella de carbono				
kWh/mes ahorrados	Factor	kg CO2 e/kWh	kg CO2e/año	ton CO2e/año
<b>731.88</b>	<b>0.0365</b>	<b>26.71</b>	<b>320.56</b>	<b>0.32</b>

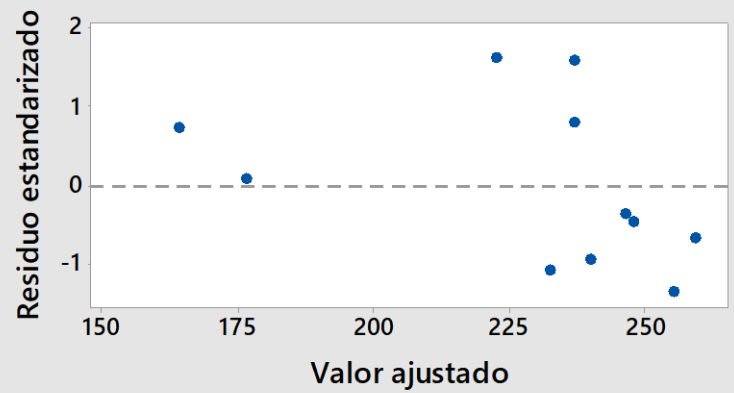
APÉNDICE 12. Gráficas de probabilidad normal, histograma, orden y valor ajustado contra residuos estandarizados del modelo de segundo orden con interacción

## Gráficas de residuos para POTENCIA(kW)

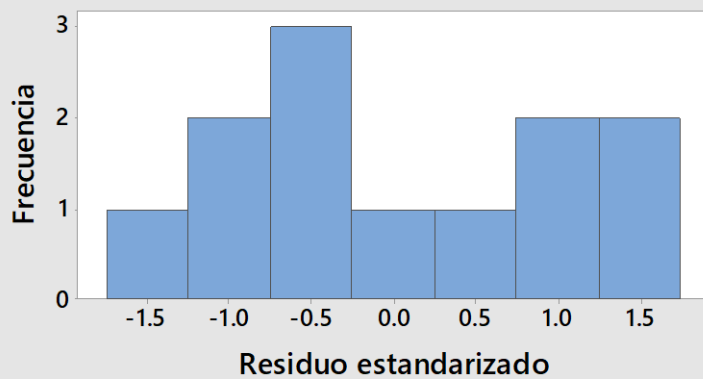
Gráfica de probabilidad normal



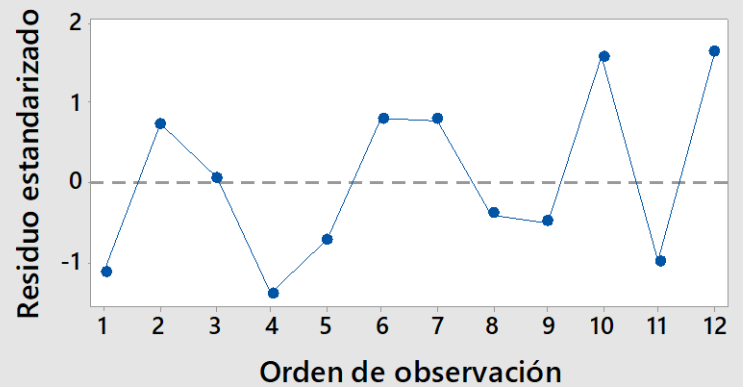
vs. ajustes



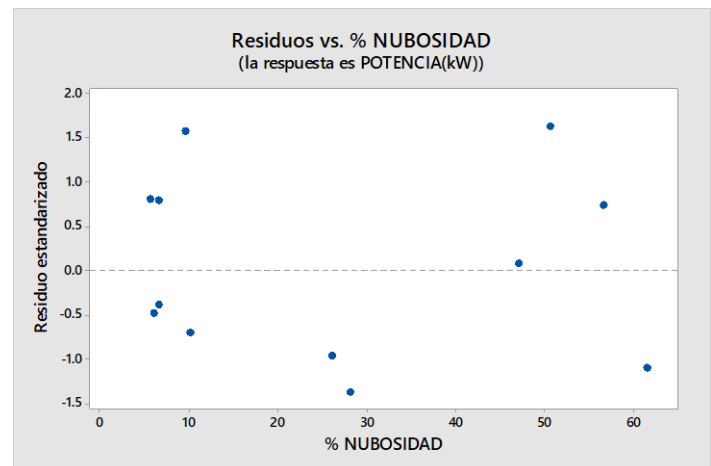
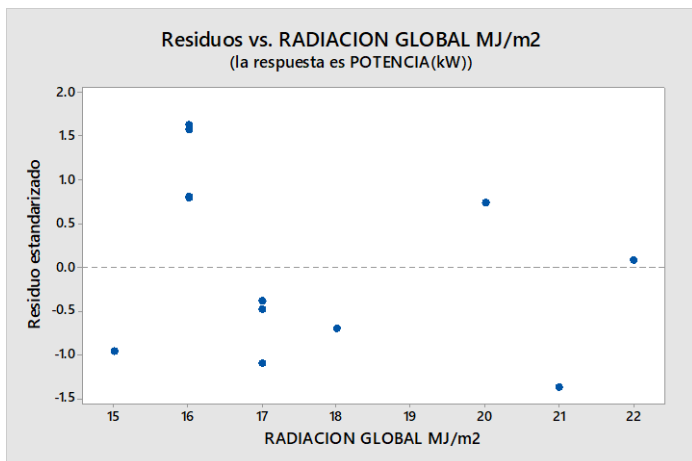
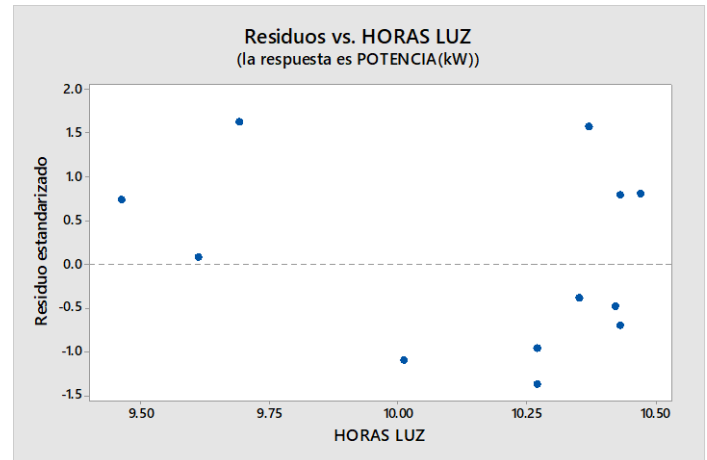
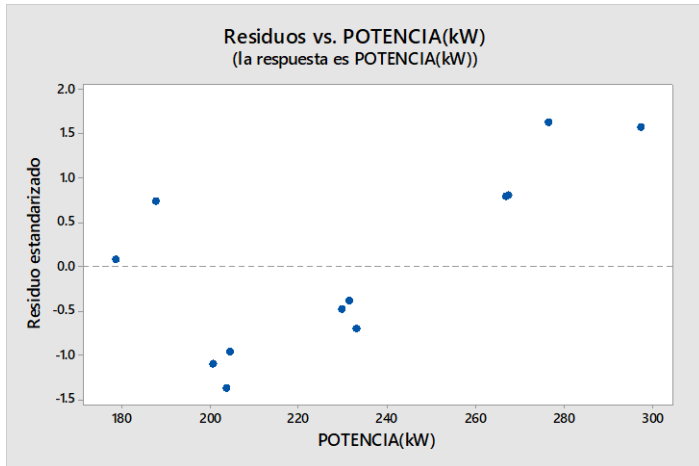
Histograma



vs. orden



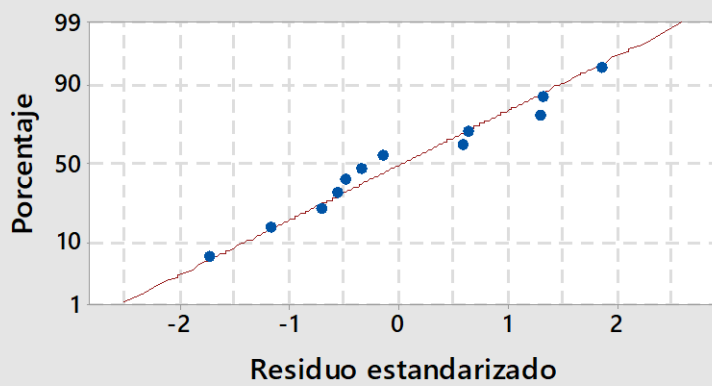
APÉNDICE 13. Gráfica de residuales estandarizados contra los valores ajustados, potencia, % de nubosidad, horas luz y radiación global



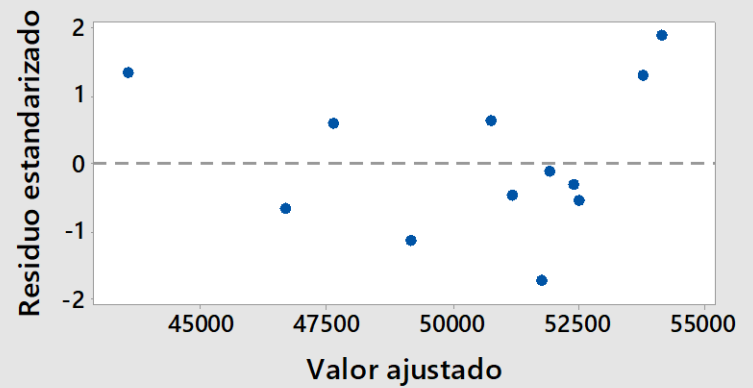
APÉNDICE 14. Gráficas de probabilidad normal, histograma, orden y valor ajustado contra residuos estandarizados del modelo de primer orden

## Gráficas de residuos para ENERGIA(kWh)

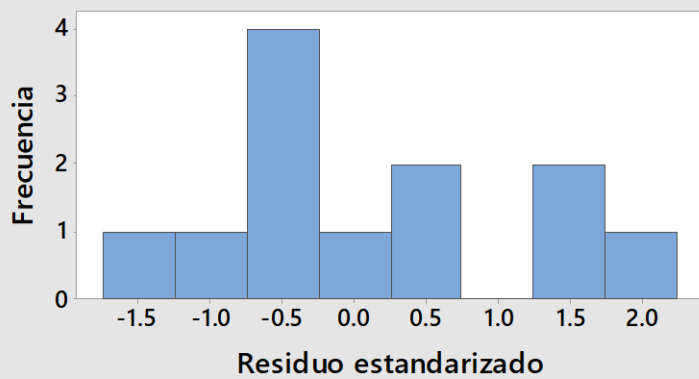
Gráfica de probabilidad normal



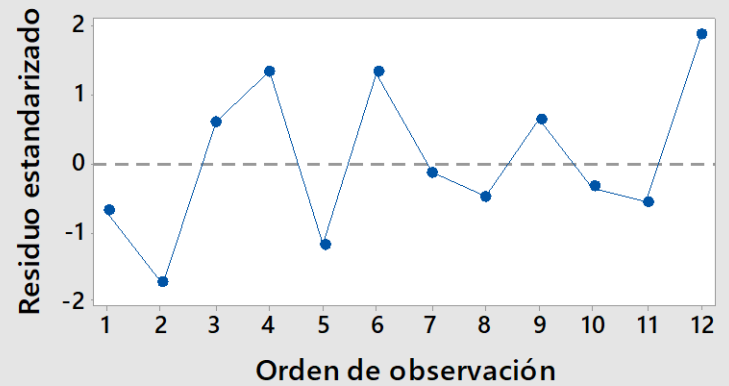
vs. ajustes



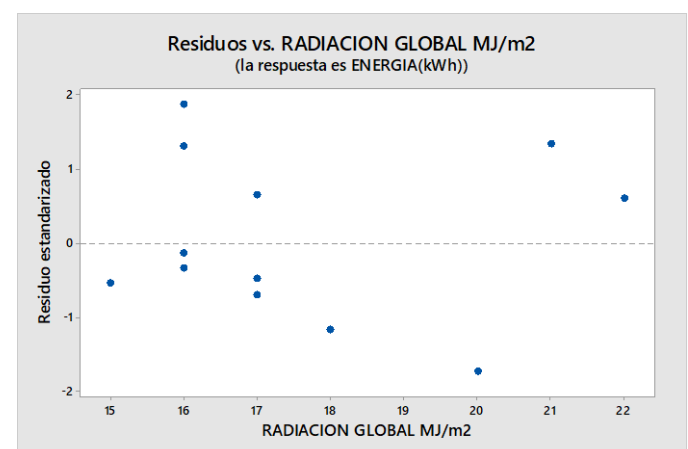
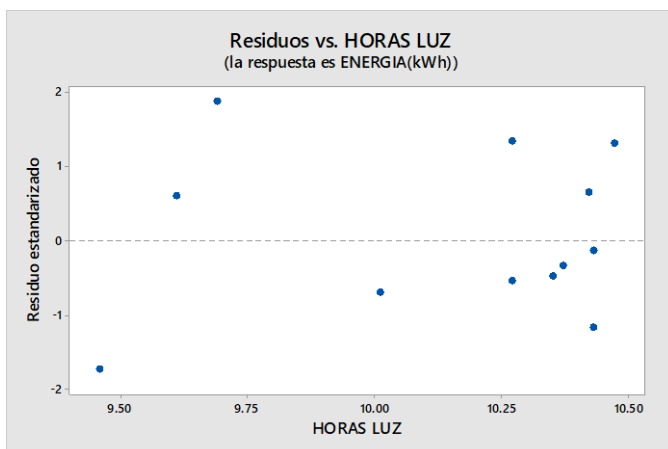
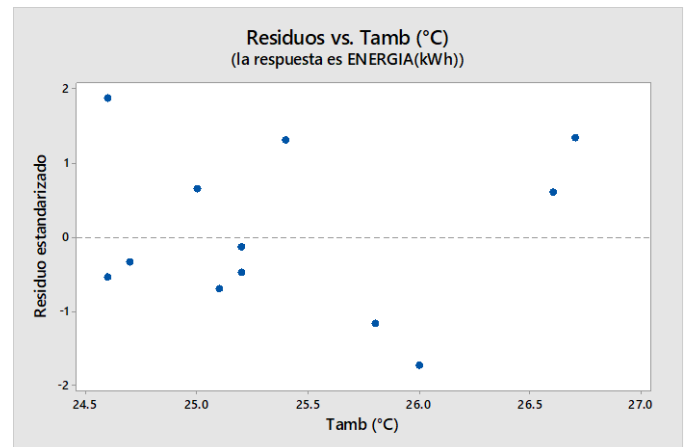
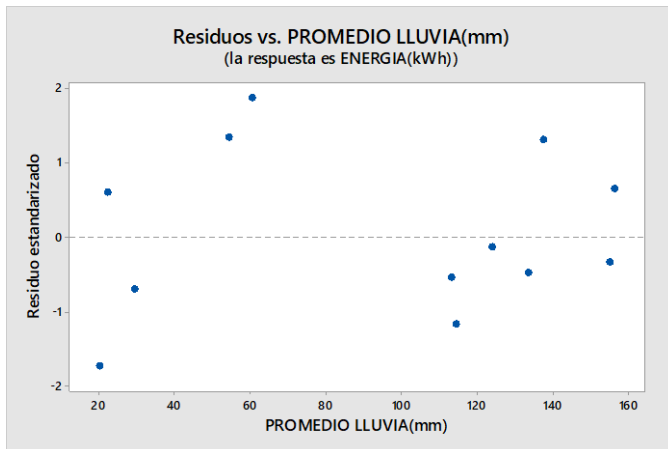
Histograma



vs. orden



APÉNDICE 15. Gráfica de residuales estandarizados contra los valores ajustados, promedio de lluvia, temperatura ambiente (°C), horas luz y radiación global

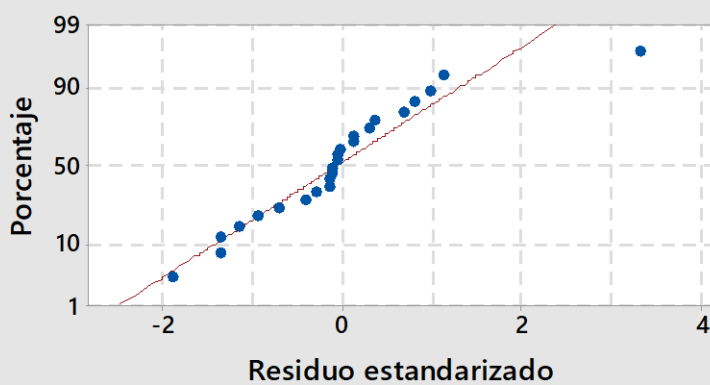




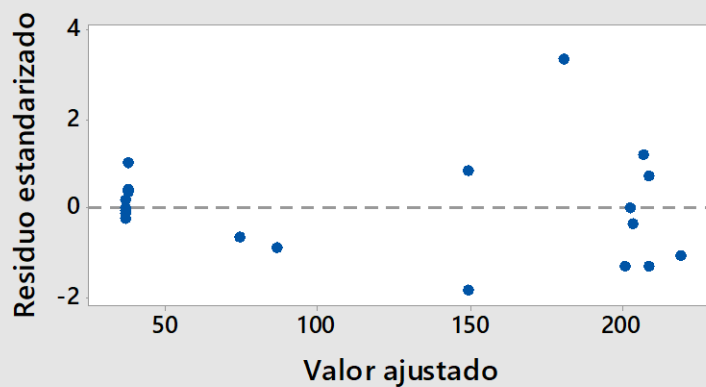
APÉNDICE 16. Gráficas de probabilidad normal, histograma, orden y valor ajustado contra residuos estandarizados del modelo de segundo orden con interacción

## Gráficas de residuos para POTENCIA kW

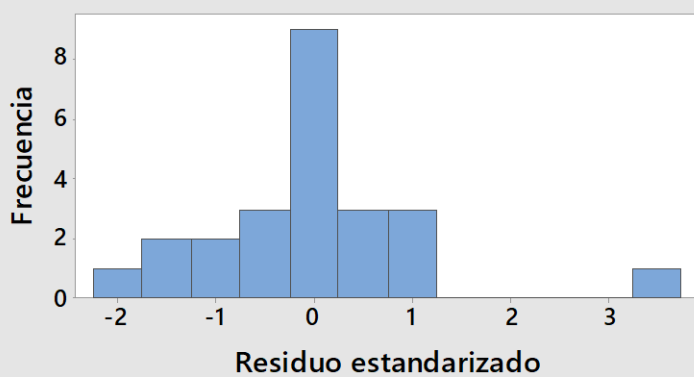
Gráfica de probabilidad normal



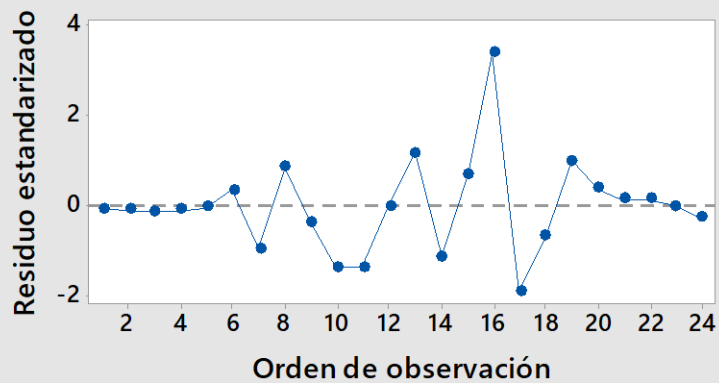
vs. ajustes



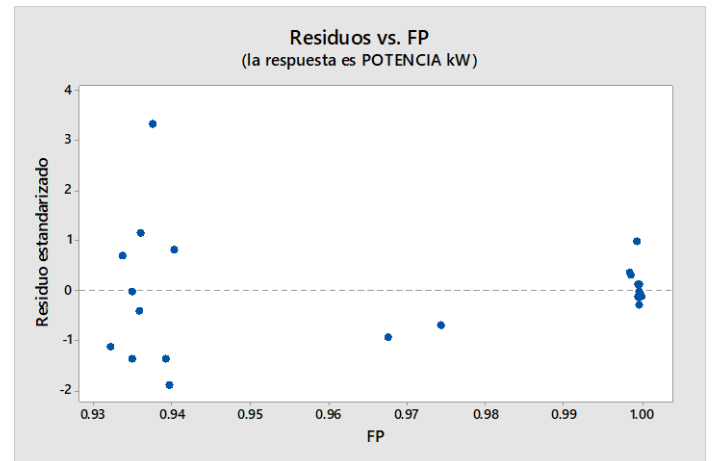
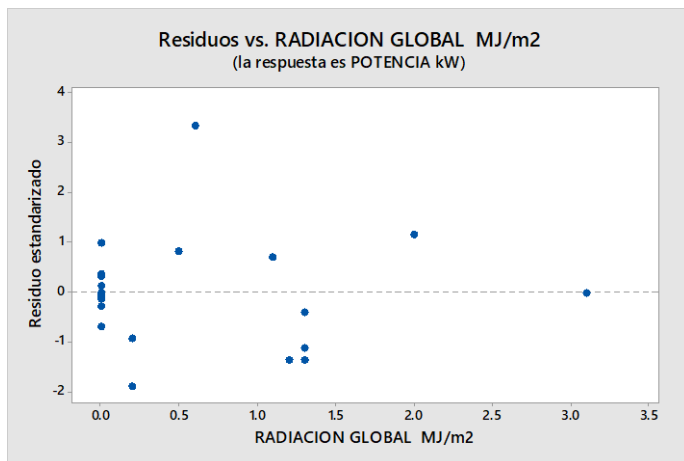
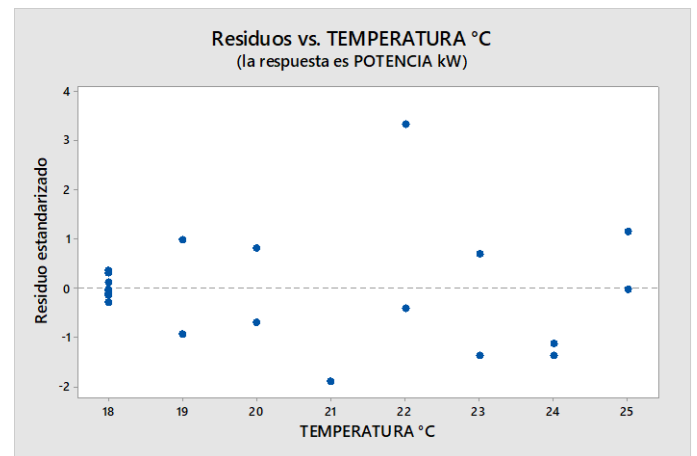
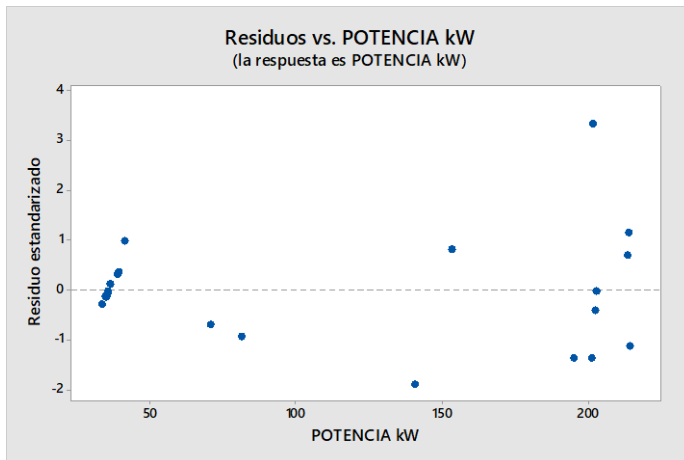
Histograma



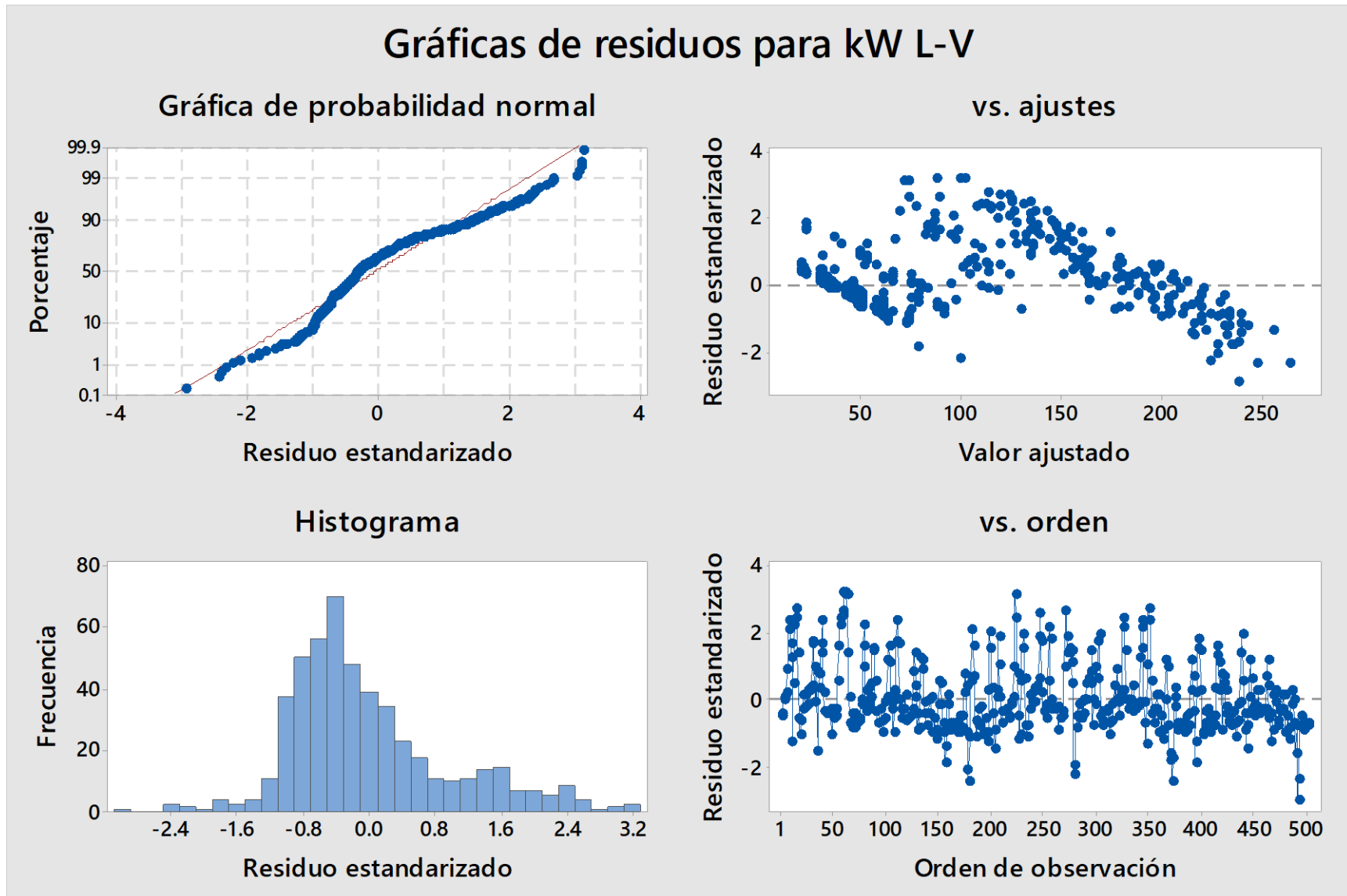
vs. orden



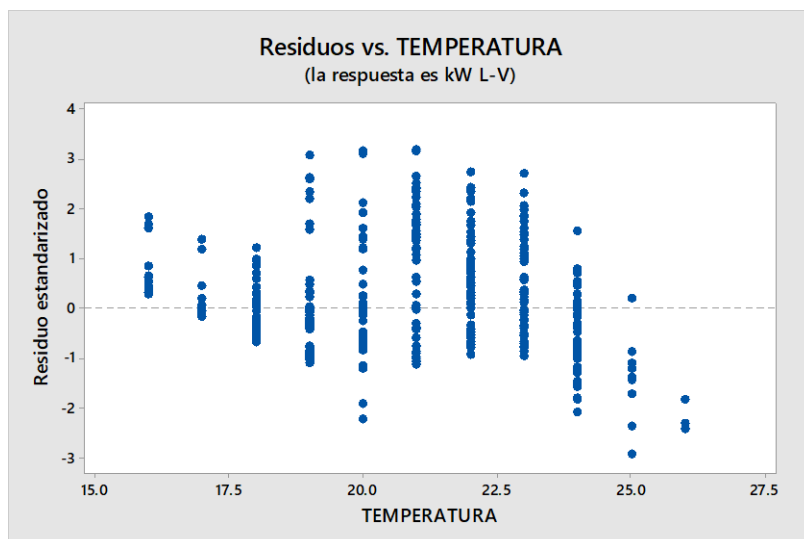
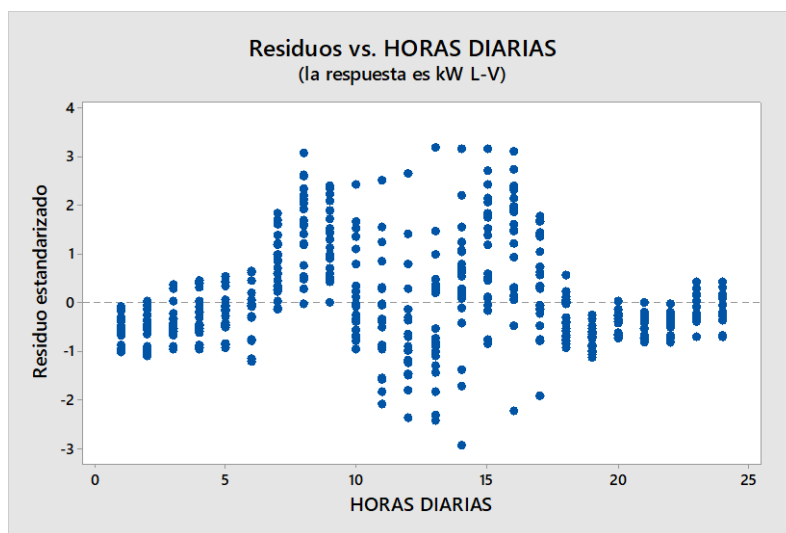
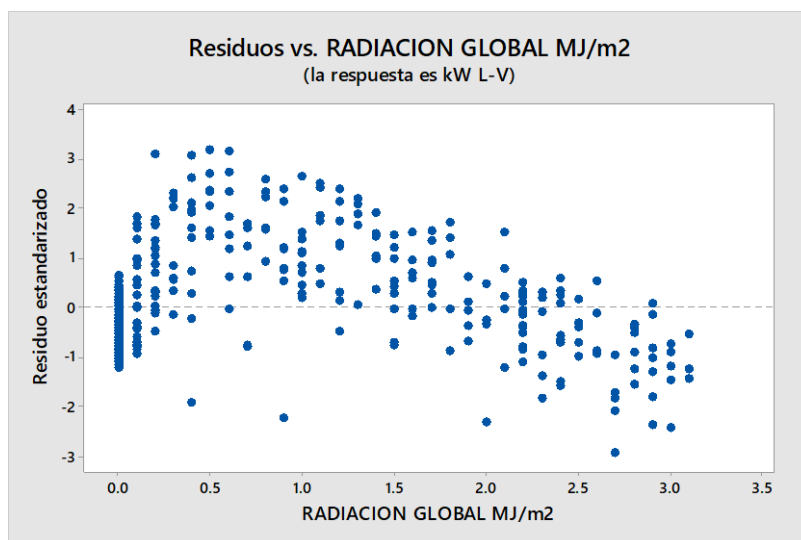
APÉNDICE 17. Gráfica de residuales estandarizados contra los valores ajustados, promedio de lluvia, temperatura ambiente (°C), horas luz y radiación global



APÉNDICE 18. Gráficas de probabilidad normal, histograma, orden y valor ajustado contra residuos estandarizados del modelo de primer orden



APÉNDICE 19. Gráfica de residuales estandarizados contra los valores ajustados, potencia, horas diarias, radiación global y temperatura



APÉNDICE 20. Tabla resumen de orientación, inclinación, HSP y radiación del proyecto

MES	ORIENTACION SUR	ORIENTACION NORTE	PERPENDICULAR	ANGULO INCLINACION ÓPTIMO. TABLA FACTOR K LATITUD 10°	ENERGIA SOLAR POR UNIDAD DE AREA(RADIACION) CON ANGULO OPTIMO (KWh/m <sup>2</sup> /mes)	ENERGIA SOLAR POR UNIDAD DE AREA(RADIACION) CON ANGULO OPTIMO (MJ/m <sup>2</sup> /mes)	H.S.P
ENERO	X			25°	159.56	574.43	5.15
FEBRERO	X			10°-15°-20°-25°	161.78	582.40	5.78
MARZO	X			5°-10°	191.34	688.82	6.17
ABRIL			X	0°	175.00	630.00	5.83
MAYO		X		0°	155.00	558.00	5.00
JUNIO		X		0°	133.33	480.00	4.44
JULIO		X		0°	137.78	496.00	4.44
AGOSTO			X	0°	146.39	527.00	4.72
SEPTIEMBRE	X			5°-10°-15°	143.08	515.10	4.77
OCTUBRE	X			20°-25°	146.04	525.76	4.71
NOVIEMBRE	X			25°-30°	138.75	499.50	4.63
DICIEMBRE	X			30°	154.31	555.52	4.98

TOTAL: 1.84237 MWh/m<sup>2</sup>/anual

PROMEDIO HSP= 5.05

## APÉNDICE 21. Cálculo de parámetros fotovoltaicos por las temperaturas de las celdas

### Determinación de valores la temperatura mínima de 17°C en la zona:

$$T_{celda} = T_{amb} + \left( \frac{NOCT - 20}{100} \right) \times 1000$$

$$T_{celda} = 48.25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 48.25 - 25 = 23.25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$V_{oc} = (23.25)(-0.286)/100 = -0.066495$$

$$= 595.20 \times -0.066495 = -39.57$$

$$= 595.20 - 39.57$$

$$V_{oc} = 555.62 \text{ V}$$

$$I_{sc} = \frac{(23.25)(0.057)}{100} = 0.001325$$

$$= 113.30 \times 0.001325 = 1.50$$

$$= 113.30 + 1.50$$

$$I_{sc} = 114.80 \text{ A}$$

$$P_{max} = \frac{(23.25)(-0.370)}{100} = -0.086025$$

$$= 5280 \times -0.086025 = -454.21$$

$$= 5280 - 454.21$$

$$P_{max} = 4825.79 \text{ W}$$

$$V_{mp} = (23.25)(-0.286)/100 = -0.066495$$

$$= 492 \times -0.066495 = -32.71$$

$$= 492 - 32.71$$

$$V_{mp} = 459.28 \text{ V}$$

$$I_{mp} = \frac{(23.25)(0.057)}{100} = 0.001325$$

$$= 107.40 \times 0.001325 = 0.42$$

$$= 107.40 + 1.42$$

$$I_{mp} = 108.82 \text{ A}$$

### Determinación de valores la temperatura máxima de 27°C en la zona:

$$T_{celda} = T_{amb} + \left( \frac{NOCT - 20}{100} \right) \times 1000$$

$$T_{celda} = 58.25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 58.25 - 25 = 33.25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$V_{oc} = (33.25)(-0.286)/100 = -0.095095$$

$$= 595.20 \times -0.095095 = -56.60$$

$$= 595.20 - 56.60$$

$$V_{oc} = 538.60 \text{ V}$$

$$I_{sc} = (33.25)(0.057)/100 = 0.0189525$$

$$= 113.30 \times 0.0189525 = 2.15$$

$$= 113.30 + 2.15$$

$$I_{sc} = 115.45 \text{ A}$$

$$P_{max} = (33.25)(-0.37)/100 = -0.123025$$

$$= 5280 \times -0.123025 = -649.57$$

$$= 5280 - 649.57$$

$$P_{max} = 4630.43 \text{ W}$$

$$V_{mp} = (33.25)(-0.286)/100 = -0.095095$$

$$= 492 \times -0.095095 = -46.79$$

$$= 492 - 46.79$$

$$V_{mp} = 445.21 \text{ V}$$

$$I_{mp} = (33.25)(0.057)/100 = 0.0189525$$

$$= 107.40 \times 0.0189525 = 2.04$$

$$= 107.40 + 2.04$$

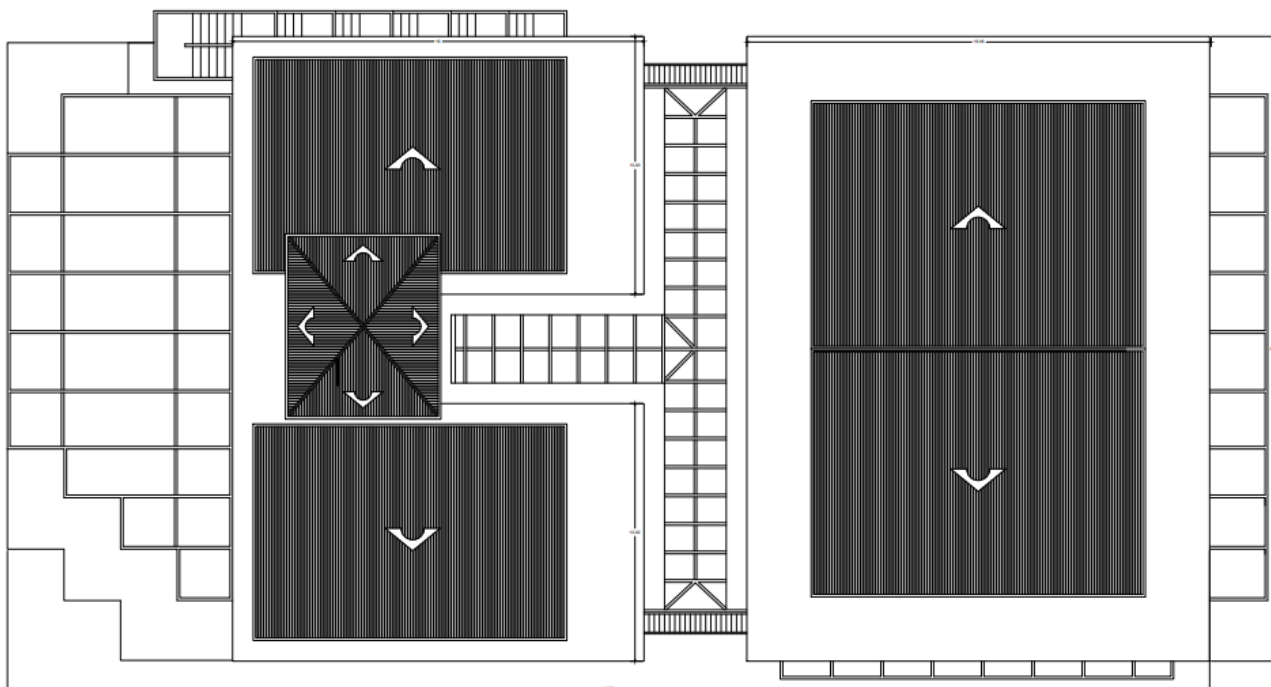
$$I_{mp} = 109.44 \text{ A}$$

## APÉNDICE 22. Cálculo de estimación de producción

MES	HORAS LUZ	Tamb (°C)	H.S.P.	Irradiancia (Wh/m <sup>2</sup> )	Tcelda (°C)	pT (%)	PR	E (kWh)mes
ENERO	10.01	25.1	6.60	659.34	45.70	7.66	0.79	17 285.46
FEBRERO	9.46	26	7.50	792.81	50.78	9.54	0.78	17 381.18
MARZO	9.61	26.6	7.70	801.25	51.64	9.86	0.77	19 686.82
ABRIL	10.27	26.7	6.80	662.12	47.39	8.28	0.79	17 118.27
MAYO	10.43	25.8	5.10	488.97	41.08	5.95	0.81	13 604.42
JUNIO	10.47	25.4	3.90	372.49	37.04	4.45	0.82	10 227.81
JULIO	10.43	25.2	3.80	364.33	36.59	4.29	0.82	10 315.88
AGOSTO	10.35	25.2	4.30	415.46	38.18	4.88	0.82	11 601.14
SEPTIEMBRE	10.42	25	4.50	431.86	38.50	4.99	0.82	11 734.81
OCTUBRE	10.37	24.7	4.30	414.66	37.66	4.68	0.82	11 624.83
NOVIEMBRE	10.27	24.6	4.40	428.43	37.99	4.81	0.82	11 496.70
DICIEMBRE	9.69	24.6	5.50	567.60	42.34	6.41	0.80	14 598.89

**TOTAL ANUAL****166.68 MWh**

APÉNDICE 23. Área disponible de instalación en azotea y parqueo institucional del edificio Pbro. Benjamín Núñez

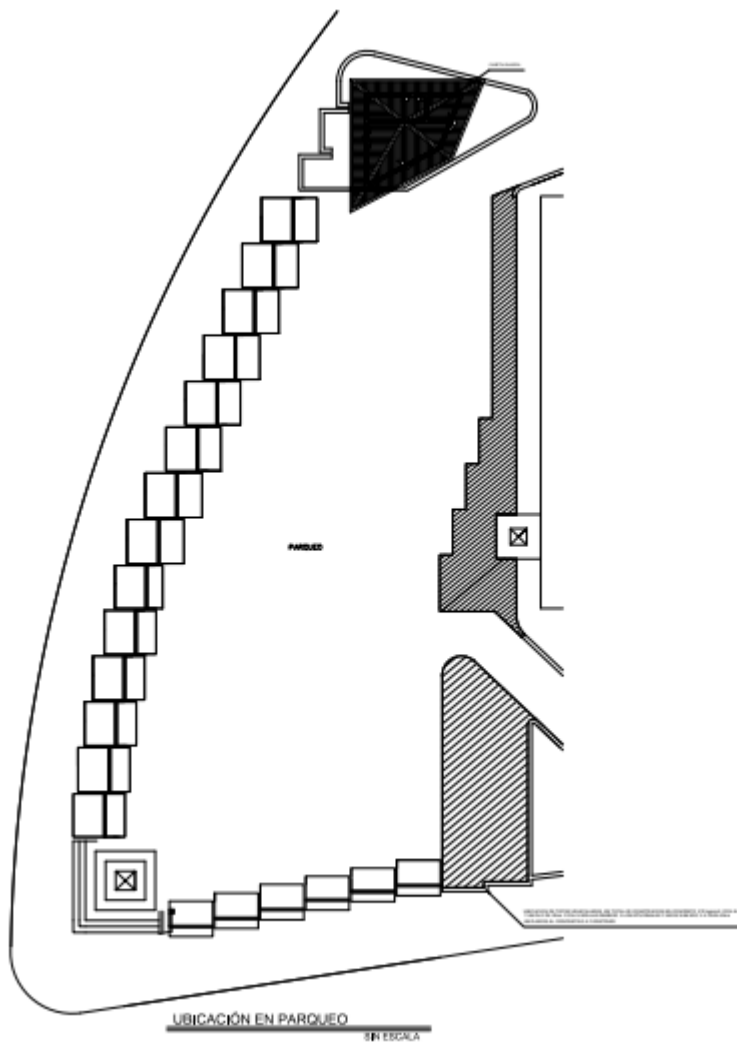


PLANTA DE TECHOS

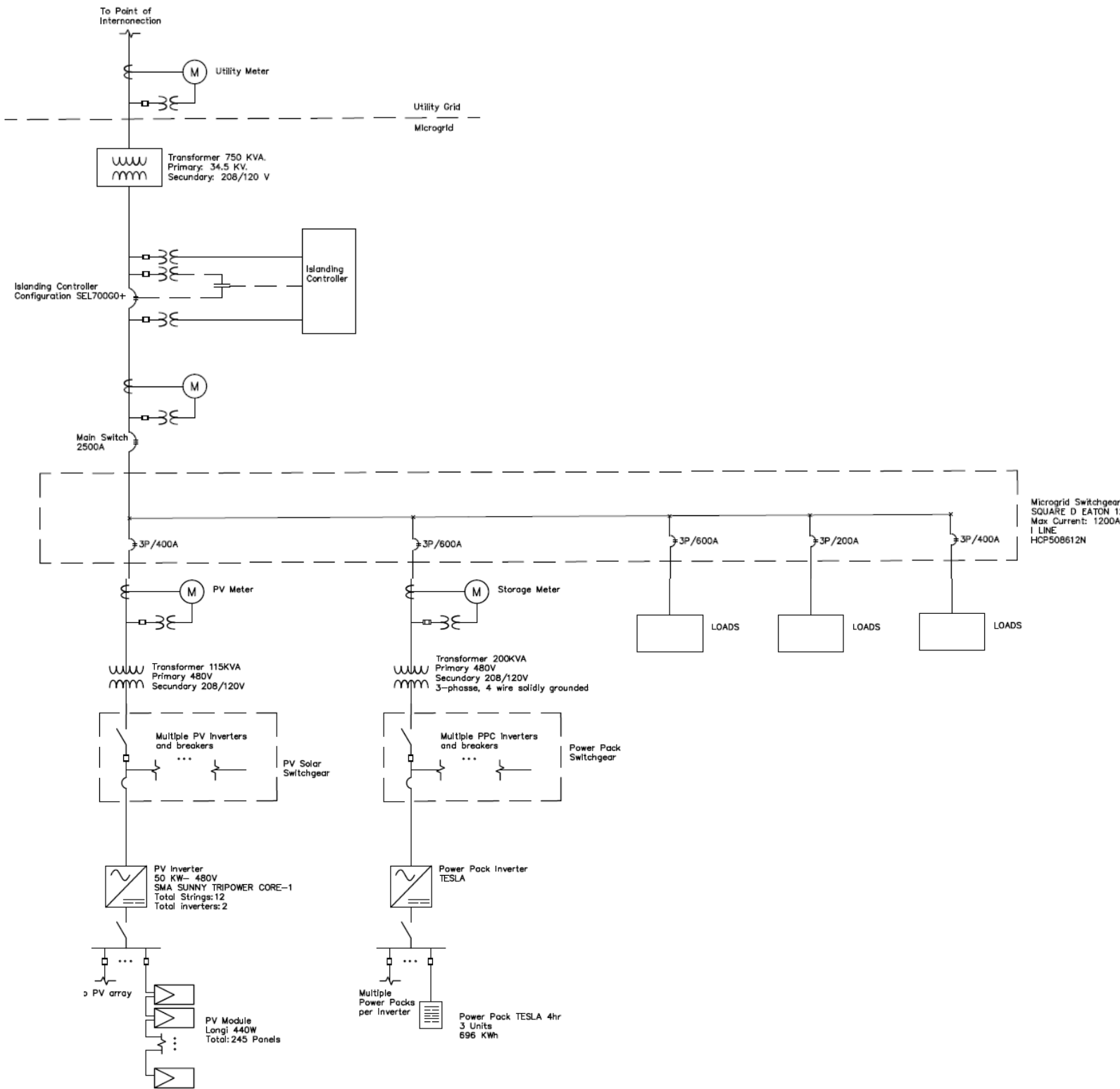
ESCALA 1:50







### APÉNDICE 24. Diagrama unifilar eléctrico del proyecto propuesto del edificio Pbro. Benjamín Núñez



APÉNDICE 25. Desglose de precios de los sistemas de almacenamiento y generación solar

## Desglose

### Sistema de Almacenamiento Tesla Powerpack

Descripción	Cantidad	Total sin IVA	Total con IVA
SISTEMA DE ALMACENAMIENTO	3	\$424 131,03	\$424 131,03
CABLEADO	1	\$3 212,17	\$3 629,75
TUBERÍA	1	\$1 124,26	\$1 270,41
LOGÍSTICA Y TRANSPORTE	3	\$1 186,03	\$1 340,22
INSTALACIÓN	3	\$11 860,32	\$13 402,16
PROTECCIÓN	2	\$2 329,23	\$2 375,06
<b>Total general</b>		<b>\$443 843,04</b>	<b>\$446 148,63</b>

### Sistema Solar

Descripción	Cantidad	Total sin IVA	Total con IVA
GENERADOR FV	245	\$38 123,31	\$38 123,31
ESTRUCTURA DE SOPORTE	245	\$7 316,10	\$8 267,19
INVERSORES CENTRALIZADOS	2	\$11 154,60	\$11 727,29
PROTECCIÓN	6	\$10 794,01	\$11 811,35
CABLEADO	1	\$22 064,69	\$24 933,10
TUBERÍA	1	\$13 108,65	\$14 812,78
LOGÍSTICA Y TRANSPORTE	1	\$656,72	\$742,09
INSTALACIÓN	1	\$9 412,89	\$10 636,56
<b>Total general</b>		<b>\$112 630,96</b>	<b>\$121 053,67</b>

**Precio total: \$556 474,00 +IVA**

## ANEXOS

### ANEXO 1. Oficio creación CIGA



20 de junio de 2019  
**MTSS-DMT-OF-879-2019**

Señor.  
 Andrés Arias Rodríguez.  
**Oficial Mayor y Director General Administrativo Financiero.**  
**Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.**

**ASUNTO:** Nombramiento Comisión Institucional de Gestión Ambiental.

Estimado señor:

En apego al Decreto N° 36499-S-MINAET “Reglamento para la elaboración de programas de gestión ambiental institucional en el sector público de Costa Rica” y tal como se menciona en el Artículo 7°—Comisión Institucional:

*Cada institución de la Administración Pública, de acuerdo con su organización administrativa, deberá conformar una comisión institucional, que esté integrada por representantes de diferentes departamentos, dentro de los cuales se sugiere que estén las siguientes áreas: ambiental, financiera, presupuestal, planificación, servicios generales, proveeduría, transporte, comunicación y cualquier otro que considere necesario para elaborar e implementar su PGAI. Asimismo, se deberá establecer una persona responsable de la coordinación del PGAI, quien a su vez coordinará con la CTE.*

En razón de lo anterior y debido a que algunos miembros, han renunciado a su cargo se dejan sin efecto los oficios DMT-794-2013, con fecha del 26- de junio del 2013, suscrito por Olman Segura Bonilla Exministro de Trabajo y Seguridad Social; MTSS-DMT-OF-806-2018, con fecha del 11 de junio del 2018, suscrito por el señor Steven Núñez Rímola, Ministro de Trabajo y Seguridad; esto en razón de realizar un nuevo nombramiento de la



Comisión Institucional de Gestión Ambiental (CIGA) del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (MTSS), los cuales son los siguientes:

- Andrés Arias Rodríguez, Oficial Mayor y Director General Administrativo Financiero (enlace jerárquico)
- Daniela Vásquez Madrigal, Dirección de Planificación del Trabajo (coordinadora CIGA)
- Rebeca Sáenz Gutiérrez, Departamento de Servicios Generales (subcoordinadora CIGA)
- Carlos Naranjo Arias, Proveeduría Institucional (encargado registro consumo de papel)
- Adrián Cordero Picado, Departamento de Servicios Generales (encargado de cumplimiento Directriz 031 y Directriz 011 DIGECA)
- Karla Vanessa Brenes Arce, Dirección General Administrativa Financiera (enlace con el gestor ambiental)
- Katherine Jiménez Carmona, Unidad de Transportes (encargada de la gestión del aire, emisiones de fuentes móviles)
- Karilly Sanabria Hernández, Unidad de Seguridad y Salud Ocupacional (encargada de la gestión de desastres naturales)

Los miembros designados no limitan que existan otros funcionarios que se incorporen, participen y apoyen en la gestión de la CIGA, para que cumplan las funciones correspondientes y otras establecidas en el “Reglamento para la elaboración de programas de gestión ambiental institucional en el sector público de Costa Rica” en su Artículo 8º— Funciones de la Comisión Institucional. Esta comisión tendrá las siguientes funciones:

- a) Realizar los diagnósticos o evaluaciones necesarias para conocer el estado en que se encuentra la organización, respecto de la gestión ambiental, gestión de residuos, cambio climático y eficiencia energética.
- b) Formular y proponer la política ambiental institucional incluyendo los aspectos de cambio climático, gestión de residuos, conservación y uso racional de la energía.
- c) Elaborar el PGAI y presentarlo al Jerarca para su revisión y aprobación.
- d) Elaborar y remitir los informes que solicite el MINAET.



e) Establecer los indicadores internos cuantificables, que permitan medir, verificar y reportar el grado de avance del PGAI, tomando de base los instrumentos que establezca el MINAET.

f) Coordinar con las instancias internas de la institución lo correspondiente a la elaboración, desarrollo, implementación, divulgación de los PGAI, así como la capacitación de los funcionarios respecto a temas de gestión ambiental inherentes al quehacer institucional.

Atentamente,

RICARDO ALBERTO  
MARIN AZOFEIFA  
(FIRMA)

Firmado digitalmente por  
RICARDO ALBERTO MARIN  
AZOFEIFA (FIRMA)  
Fecha: 2019.06.20 10:08:56  
-06'00'

Ricardo Marín Azofeifa  
Ministro a.i de Trabajo y Seguridad Social

C: Daniela Vásquez Madrigal, Dirección de Planificación del Trabajo  
Rebeca Sáenz Gutiérrez, Departamento de Servicios Generales  
Carlos Naranjo Arias, Procedura Institucional  
Adrián Cordaro Picado, Departamento de Servicios Generales  
Karla Vanessa Brenes Arce, Dirección General Administrativa Financiera  
Katherine Jiménez Carmona, Unidad de Transportes  
Karly Sanabria Herández, Unidad de Seguridad y Salud Ocupacional  
Archivo

## ANEXO 2. Auditoría luminarias instaladas en el MTSS del año 2018

AUDITORIA LUMINARIAS MINISTERIO TRABAJO / PISO							
LUGAR	CONSUMO	CANTIDAD	CONSUMO	REEMPLAZO	CONSUMO	CONSUMO	AHORRO
SÓTANO	WATTS	ACTUAL	TOTAL WATTS	PROPUESTO	REAL WATTS	TOTAL WATTS	TEÓRICO
T6,5	35	110	3850	T8	18	1980	1870
T10	43	130	5590	T8	18	2340	3250
T10 24	23	2	46	T8	18	36	10
T12 96	80	76	6080	T8	18	1368	4712
T12 48	43	4	172	T8	18	72	100
T12 24	23	2	46	T8	18	36	10
BULBO	25	61	1525	A5 LED	8	488	1037
BULBO	50	4	200	A5 LED	8	32	168
MR16	20	15	300	A5 LED	8	120	180
			<b>17809</b>			<b>6472</b>	<b>11337</b>
LUGAR	CONSUMO	CANTIDAD	CONSUMO	REEMPLAZO	CONSUMO	CONSUMO	AHORRO
1er PISO	X LUMINA	ACTUAL	TOTAL WATTS	PROPUESTO	REAL WATTS	TOTAL WATTS	TEÓRICO
T6.5	35	112	3920	T8	18	2016	1904
T10	43	188	8084	T8	18	3384	4700
T12 48	43	8	320	T8	18	144	176
BULBO	25	2	50	A5 LED	8	16	34
FLUO COMPAC	12	5	60	A5 LED	8	40	20
			<b>12434</b>			<b>5600</b>	<b>6834</b>
LUGAR	CONSUMO	CANTIDAD	CONSUMO	REEMPLAZO	CONSUMO	CONSUMO	AHORRO
2do. PISO	X LUMINA	ACTUAL	TOTAL WATTS	PROPUESTO	REAL WATTS	TOTAL WATTS	TEÓRICO
T10	43	288	12384	T8	18	5184	7200
T12 48	43	26	1118	T9	18	468	650
T12 96	80	2	160	T10	18	36	124
FLOOD	70	4	280	FL	30	120	160
BULBO	50	11	550	A5 LED	8	88	462
FLUO COMPAC	12	28	336	A5 LED	8	224	112
CFL	26	48	1248	A5 LED	8	384	864
			<b>16076</b>			<b>6504</b>	<b>9572</b>



LUGAR	CONSUMO	CANTIDAD	CONSUMO	REEMPLAZO	CONSUMO	CONSUMO	AHORRO
3er. PISO	X LUMINA	ACTUAL	TOTAL WATTS	PROPUESTO	REAL	TOTAL WATTS	TEÓRICO
T8	35	74	2590	T8	18	1332	1258
T10	43	84	3612	T8	18	1512	2100
T12 48	43	26	1118	T8	18	468	650
T12 96	80	7	560	T8	18	126	434
BULBO	50	2	100	A5 LED	8	16	84
FLUO COMPAC	12	30	360	A5 LED	8	240	120
CFL	26	12	312	A5 LED	8	96	216
			<b>8652</b>			<b>3790</b>	<b>4862</b>
LUGAR	CONSUMO	CANTIDAD	CONSUMO	REEMPLAZO	CONSUMO	CONSUMO	AHORRO
4to. PISO	X LUMINA	ACTUAL	TOTAL WATTS	PROPUESTO	REAL	TOTAL WATTS	TEÓRICO
T8	35	10	350	T8	18	180	170
T10	35	94	3290	T8	18	1692	1598
T10	43	92	3956	T8	18	1656	2300
T12	43	20	860	T8	18	360	500
T12 96	80	7	560	T8	18	126	434
FLUO COMPAC	12	26	312	A5 LED	8	208	104
BULBO	25	20	500	A5 LED	8	160	340
			<b>9828</b>			<b>4382</b>	<b>5446</b>
LUGAR	CONSUMO	CANTIDAD	CONSUMO	REEMPLAZO	CONSUMO	CONSUMO	AHORRO
5TO PISO	X LUMINA	ACTUAL	TOTAL WATTS	PROPUESTO	REAL	TOTAL WATTS	TEÓRICO
T10 24	23	1	23	T8	18	18	5
T10	43	174	7482	T8	18	3132	4350
T12	43	10	430	T8	18	180	250
T12 96	80	8	640	T8	18	144	496
BULBO	50	15	750	A5 LED	8	120	630
FLUO COMPAC	12	22	264	A5 LED	8	176	88
CFL	26	30	780	A5 LED	8	240	540
			<b>10369</b>			<b>4010</b>	<b>6359</b>



LUGAR	CONSUMO	CANTIDAD	CONSUMO	REEMPLAZO	CONSUMO	CONSUMO	AHORRO
6TO PISO	X LUMINA	ACTUAL	TOTAL WATTS	PROPUESTO	REAL	TOTAL WATTS	TEÓRICO
T8	35	98	3430	T8	18	1764	1666
T10	43	17	731	T8	18	306	425
T12 24	28	3	84	T8	18	54	30
T12	43	11	473	T8	18	198	275
BULBO	50	1	50	A5 LED	8	8	42
FLUO COMPAC	12	23	276	A5 LED	8	184	92
CFL	26	1	26	A5 LED	8	8	18
			<b>5070</b>			<b>2522</b>	<b>2548</b>
LUGAR	CONSUMO	CANTIDAD	CONSUMO	REEMPLAZO	CONSUMO	CONSUMO	AHORRO
7MO PISO	X LUMINA	ACTUAL	TOTAL WATTS	PROPUESTO	REAL	TOTAL WATTS	TEÓRICO
T12	43	12	516	T8	18	216	300
FLUO COMPAC	12	5	60	A5 LED	8	40	20
			<b>576</b>			<b>256</b>	<b>320</b>
LUGAR	CONSUMO	CANTIDAD	CONSUMO	REEMPLAZO	CONSUMO	CONSUMO	AHORRO
DESPACHO	X LUMINA	ACTUAL	TOTAL WATTS	PROPUESTO	REAL	TOTAL WATTS	TEÓRICO
T8 48	43	12	516	T8	18	216	300
T10 48	35	16	560	T8	18	288	272
T12 24	28	4	112	T8	18	72	40
T12	43	16	688	T8	18	288	400
FLUO COMPAC	12	8	96	A5 LED	8	64	32
FLUO COMPAC	15	4	60	A5 LED	8	32	28
CFL	26	24	624	A5 LED	8	192	432
			<b>2656</b>			<b>1152</b>	<b>1504</b>
<b>LUM</b>		<b>2145</b>	<b>83470</b>			<b>34688</b>	<b>48782</b>

**CONSUMO TOTAL ACTUAL TRADICIONAL**

GASTO DIARIO/MENSUAL/ANUAL: **83470** WATTS / 1000= **8,35k**W/HORA X 10 HORAS=

**835** KW/DIA X 5 DIAS= **4175** kW/SEMANA X 4,33= **18078kW/mes** X 12= **216936** kWh/año

**CONSUMO TOTAL FUTURO LED**

GASTO DIARIO/MENSUAL/ANUAL: **34688** WATTS / 1000= **34,7kW**/HORA X 10 HORAS=

**347** kW/DIA X 5 DIAS= **1735** kW/SEMANA X 4,33= **7512,55** kW/mes X 12= **90150,60** kWh/año

18078-7513 (kW/mes) = 10565 X €136

**AHORRO TEÓRICO**  
**€1.436.840** POR MES

ANEXO 3. Precio de combustibles promedio del año 2019.

# Evolución de precios de los combustibles en estaciones de servicio



Seleccione la fecha a consultar:

Y Q M W P  
Año

2019 - 2019

2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021

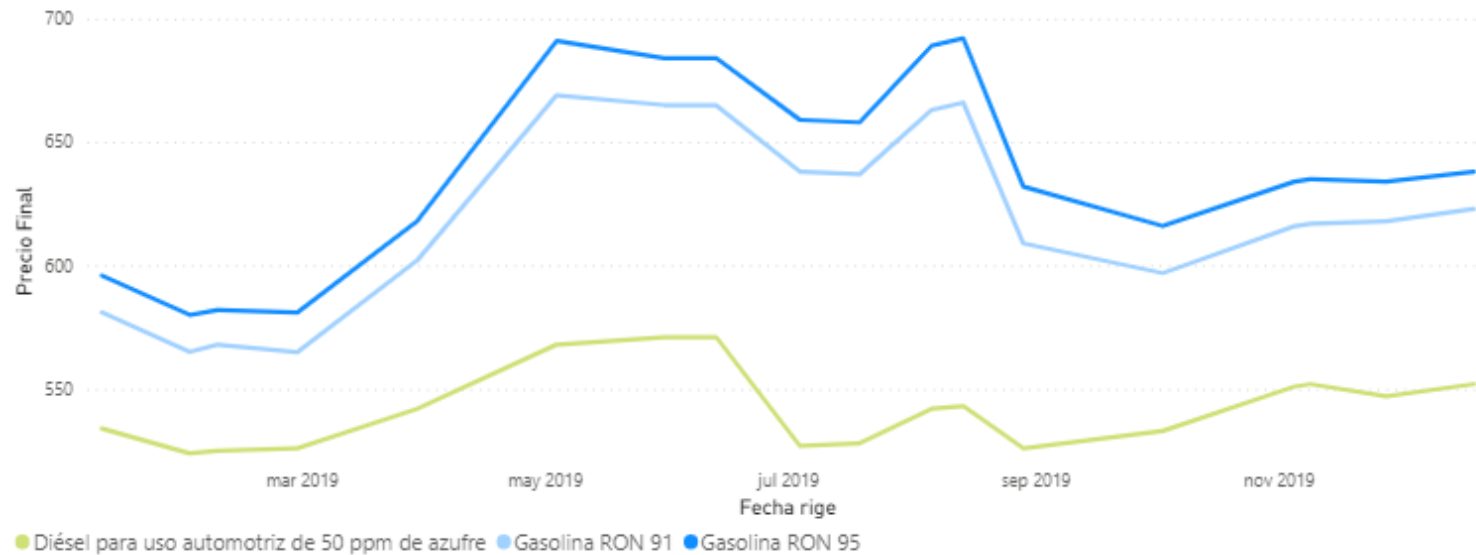
Seleccione el producto que desee consultar:

Diésel para uso automotriz de 50 ppm de azufre

Gasolina RON 91

Gasolina RON 95

Evolución de las tarifas de los combustibles en estaciones de servicio



Precio Promedio RON 95  
**639,06**

Precio Promedio RON 91  
**620,22**


Precio Promedio Diésel  
**542,33**

## ANEXO 4. Referencia de fichas técnicas luminarias propuestas en los niveles

SYLVANIA

### LED Panel

LED PANEL RD 18W DL 100-240V  
P24338




Luminaria tipo Panel LED con driver independiente. Montaje de incrustar en cielo raso de fijación. Proyección uniforme de la luz, reduce los costos de consumo de energía y mantenimiento.


**CARACTERÍSTICAS**

Diseño moderno con fuente LED SMD y difusor opalizado  
Ultra delgado y liviano con disipador de calor integrado  
Ganchos de sujeción con resorte para fácil instalación


**APLICACIONES**

Adecuado para aplicaciones con altura limitada de instalación entre cielo raso y placa  
Iluminación general residencial y comercial  
Zonas comunes







10 años  
de vida  
(luz 8 horas al día)



Tecnología  
Amigable  
con el medio ambiente




Ultra  
Delgado



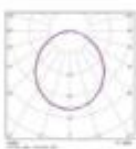
ENCENDIDO  
INSTANTANEO

DATOS ÓPTICOS		DATOS FÍSICOS		DATOS ELÉCTRICOS	
Temperatura de color	6500 K (DL)	Acabado	Blanco	Potencia de entrada	18 W
Flujo luminoso	1170 lm	Grado de protección IP	IP20	Tensión de operación	100-240 V 50/60 Hz
Ángulo de apertura	120°	Dimensiones (DxH)	Ø220x20 mm	Corriente de entrada	0.15 A @ 120 V
Tipo de distribución	Directa simétrica	Tipo de montaje	Incrustar	Factor de potencia	>0.50
Reproducción de color (IRC)	70	Chasis	Aluminio + PC	Distorsión armónica (THD)	
Vida útil	25000 h L70	Óptica	Difusor opalizado	Tipo de driver	Independiente CC
Eficacia	65 lm/W	Temperatura de operación	T <sub>a</sub> 20°C - +50°C	Atenuable	NO

**DIMENSIONES**



**FOTOMETRÍA**



Las características de los productos pueden ser modificadas sin previo aviso según la evolución de la tecnología LED. 10/18


Producto Ecológico: Permite ahorrar energía comparado con productos tradicionales. Libre de mercurio.

1 Los valores de flujo luminoso y potencia son nominales y tienen una tolerancia de +/- 10%. Luminous flux and power values are nominal and they have a tolerance of +/- 10%.

2 Garantía aplica para condiciones normales de operación. Warranty applies to normal operating conditions.

3 Sylvania se reserva el derecho de hacer modificaciones sin previo aviso. Sylvania reserves the right to make changes without prior notice.

<http://www.sylvania-latam.com/> Versión: 02 - Fecha última modificación: 12/10/20



# SYLVANIA

## LED Panel

LED PANEL RD 24W DL 100-240V  
P24339



Luminaria tipo Panel LED con driver independiente. Montaje de incrustar en cielo raso, de fijación. Proyección uniforme de la luz, reduce los costos de consumo de energía y mantenimiento.

### CARACTERÍSTICAS

Diseño moderno con fuente LED SMD y difusor opalizado  
Ultra delgado y liviano con disipador de calor integrado  
Ganchos de sujeción con resorte para fácil instalación

### APLICACIONES

Adecuado para aplicaciones con altura limitada de instalación entre cielo raso y placa  
Iluminación general residencial y comercial  
Zonas comunes



Ultra  
Delgado



### DATOS ÓPTICOS

Temperatura de color	6500 K (DL)
Flujo luminoso	1600 lm
Ángulo de apertura	120°
Tipo de distribución	Directa simétrica
Reproducción de color (IRC)	70
Vida útil	25000 h L70
Eficiencia	67 lm/W

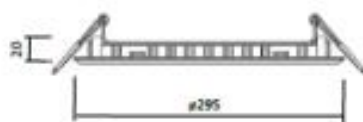
### DATOS FÍSICOS

Acabado	Blanco
Grado de protección IP	IP20
Dimensiones (DxH)	Ø295x20 mm
Tipo de montaje	Incrustar
Chasis	Aluminio + PC
Óptica	Difusor opalizado
Temperatura de operación	Ta-20°C ~ +50°C

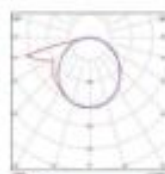
### DATOS ELÉCTRICOS

Potencia de entrada	24 W
Tensión de operación	100-240 V 50/60 Hz
Corriente de entrada	0.2 A @ 120 V
Factor de potencia	>0.50
Distorsión armónica (THD)	
Tipo de driver	Independiente CC
Atenuable	NO

### DIMENSIONES



### FOTOMETRÍA



Las características de los productos pueden ser modificadas sin previo aviso según la evolución de la tecnología LED. 10/18

Producto Ecológico: Permite ahorrar energía comparado con productos tradicionales. Libre de mercurio.

1. Los valores de flujo luminoso y potencia son nominales y tienen una tolerancia de +/- 10% / luminous flux and power values are nominal and they have a tolerance of +/- 10%
2. Garantía: aplica para condiciones normales de operación / warranty applies to normal operating conditions
3. Sylvania se reserva el derecho de hacer modificaciones sin previo aviso / Sylvania reserves the right to make changes without prior notice

<http://www.sylvania-latam.com/> Versión: 02 - Fecha última modificación: 12/10/20

SYLVANIA  190 años



# Panel LED



## Características / Characteristics

Luminaria con tecnología LED-SMD de alta eficiencia y que brinda una uniformidad luminosa excepcional.

*It uses LED-SMD technology of high efficiency and excellent luminous flux that brings an exceptional uniform light.*

Panel LED para empotrar en cielo suspendido de tipo "T" invertida, gypsum o tabla yeso.

*LED fixture for recessed installation in suspended ceilings, inverted "T" type of 1 inch high or Gypsum.*

Temperatura de color 4000K y 6000K.

*Color temperature 4000K and 6000K.*



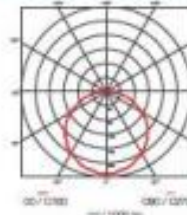
## Dimensiones generales / General dimensions



Dimensiones Nominal	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)
1x4	301	1212	10	46
2x2	600	600	10	46
2x4	600	1212	10	46

Modelo/Model	Descripción/Descriptor	Código/Code	Descripción/Descriptor
PO6777-22	KIT CIELO PARCHÉ FLATPANEL 2X4	PO6423-36	KIT MARCO GYPSUM 1X4
PO6778-18	KIT CIELO PARCHÉ FLATPANEL 2X2	PO6423-36	KIT MARCO GYPSUM 2X2
PO6779-22	KIT CIELO PARCHÉ FLATPANEL 1X4	PO6369-36	KIT MARCO GYPSUM 2X4
PO6197-36	KIT ECO PD PYPANEL LED2X2-2X4		
PO6198-36	KIT ECO PD PYPANEL LED1X2-1X4		

## Curva Fotométrica / Photometric Curve



UL Panel LED  
4000lm-2x2

## Información técnica / Technical information

ESPECIFICACIONES / SPECIFICATIONS								
Modelo/Model	Descripción Nominal/Descriptor	Potencia/Power	Flujo Luminoso/Luminous Flux	Dispersor/Diffuser	Instalación/Installation	Temp. de color/Color temp.	Eficiencia/Efficiency	Código/Code
UL Panel Led	1x4	40 W	4000 lm	Opalino	Cielo Suspendido	4000 K	>100	P27544-36
	1x4	40 W	4000 lm	Opalino		6000 K	>100	P27539-36
	2x2	40 W	4000 lm	Opalino		4000 K	>100	P27545-36
	2x2	40 W	4000 lm	Opalino		6000 K	>100	P27540-36
	2x4	50 W	5000 lm	Opalino		4000 K	>100	P27547-36
	2x4	50 W	5000 lm	Opalino		6000 K	>100	P27542-36
Panel Led	2x2	40 W	3200 lm	Opalino		6000 K	>100	P23794-36



## ANEXO 5. Tabla de costo de la propuesta de cambio de luminarias por niveles

**Señores:**  
Ministerio de Trabajo y Seguridad Social

**Atención:**  
Ing. Adrian Cordero

La presente tiene como fin cotizar el mantenimiento correctivo de la iluminación en los 7 pisos del Edificio Benjamín Prbo. Según, el siguiente detalle:

Iluminacion Edificio del Ministerio de Trabajo										
	Partida	Cantidad	Unidad	Unitario Materiales	Unitario M. de O.	Unitario SubContratos	Sub-total Materiales	Sub-total M. de O.	Sub-total Subcontratos	Total Actividad
1	Iluminacion de Piso 7									
	Piso 7			-	-	-	-	-	-	-
	Panel LED Redondo 8" 18W 120-277 1200lm 6000k	43,00	Unid	4 893,28	-	-	210 411,22	-	-	210 411,22
	Panel LED UL 2x4 40W 120-277 5000lm 6000k	6,00	Unid	52 999,26	-	-	476 995,56	-	-	476 995,56
	Panel LED UL 3x4 40W 120-277 4000lm 6000k DIM 0-10	16,00	Unid	37 848,22	-	-	605 571,52	-	-	605 571,52
	Panel LED Redondo 11" 24W 120-277 1700lm 6000k	16,00	Unid	3 672,50	-	-	58 760,00	-	-	58 760,00
	Panel LED UL 2x2 40W 120-277 4000lm 6000k	29,00	Unid	33 020,69	-	-	957 310,01	-	-	957 310,01
	Materiales adicionales									
	Apagador sencillo	113,00	Unidad	5 038,00	-	-	569 294,37	-	-	569 294,37
	Caja Rectangular	113,00	Unidad	524,64	-	-	59 283,91	-	-	59 283,91
	Cable TGP 3x12	226,00	Mts	1 487,66	-	-	336 210,32	-	-	336 210,32
	Cable THHN AWG #12	1542,45	Mts	328,46	-	-	506 628,65	-	-	506 628,65
	Tubo 1/2" EMT U.L.	140,00	Unid	2 383,28	-	-	333 659,52	-	-	333 659,52
	Conector 1/2" EMT Presion U.L.	280,50	Unid	213,66	-	-	60 259,06	-	-	60 259,06
	Union 1/2" EMT Presion U.L.	140,00	Unid	260,49	-	-	36 468,26	-	-	36 468,26
	Caja cuadrada	140,00	Unid	652,90	-	-	91 406,38	-	-	91 406,38
	Placa de ggs cuadrada	140,00	Unid	652,90	-	-	91 406,38	-	-	91 406,38
	Gazas 1/2"	280,00	Unid	31,00	-	-	8 800,00	-	-	8 800,00
	Mano de Obra	113,00	Ghs	-	20 000,00	-	-	2 260 000,00	-	2 260 000,00
2	Iluminacion de Piso 6									
	Piso 6			-	-	-	-	-	-	-
	Panel LED UL 2x4 50W 120-277 5000lm 4000k	20,00	Unidad	53 147,29	-	-	1 062 945,80	-	-	1 062 945,80
	Panel LED UL 2x4 50W 120-277 5000lm 6000k	63,00	Unidad	53 147,29	-	-	3 348 279,27	-	-	3 348 279,27
	Panel LED Redondo 8" 18W 120-277 1200lm 6000k	54,00	Unidad	3 672,50	-	-	198 315,00	-	-	198 315,00
	Materiales adicionales									
	Apagador sencillo	65,00	Unidad	5 038,00	-	-	327 470,21	-	-	327 470,21
	Caja Rectangular	65,00	Unidad	524,64	-	-	34 101,37	-	-	34 101,37
	Cable TGP 3x12	260,00	Mts	1 487,66	-	-	386 790,56	-	-	386 790,56
	Cable THHN AWG #12	1724,50	Mts	328,46	-	-	562 847,12	-	-	562 847,12
	Tubo 1/2" EMT U.L.	166,00	Unid	2 383,28	-	-	395 624,98	-	-	395 624,98
	Conector 1/2" EMT Presion U.L.	332,00	Unid	213,66	-	-	70 942,95	-	-	70 942,95
	Union 1/2" EMT Presion U.L.	166,00	Unid	260,49	-	-	43 240,94	-	-	43 240,94
	Caja cuadrada	232,00	Unid	652,90	-	-	151 472,34	-	-	151 472,34
	Placa de ggs cuadrada	232,00	Unid	652,90	-	-	151 472,34	-	-	151 472,34
	Gazas 1/2"	332,00	Unid	31,00	-	-	10 292,00	-	-	10 292,00
	Mano de Obra	137,00	Ghs	-	20 000,00	-	-	2 740 000,00	-	2 740 000,00

<b># Construcción de Piso 5</b>									
<b>Piso 5</b>									
Panel LED 18. 2x4 60W 120-277 8000lm 8000K	81,00	unidad	58 147,28	--	--	1 847 848,88	--	--	1 847 848,88
Panel LED 18. 2x4 90W 120-277 8000lm 8000K	86,00	unidad	58 147,28	--	--	1 918 803,68	--	--	1 918 803,68
Panel LED Redondo 8" 18W 120-277 1200lm 8000K	41,00	unidad	3 872,90	--	--	160 972,90	--	--	160 972,90
<b>Materiales adicionales</b>									
Apagador sencillo	49,00	unidad	9 000,00	--	--	226 710,15	--	--	226 710,15
Caja Rectangular	49,00	unidad	934,84	--	--	23 808,84	--	--	23 808,84
Cable TSP 6x2	216,00	Mts	1 087,88	--	--	321 933,76	--	--	321 933,76
Cable TN40N AWS #12	1474,20	Mts	828,66	--	--	684 211,48	--	--	684 211,48
Tubo 1/2" EMT UL	130,00	unidad	2 000,18	--	--	260 993,96	--	--	260 993,96
Conector 1/2" EMT Pineson UL	216,00	unidad	218,88	--	--	48 280,80	--	--	48 280,80
Unión 1/2" EMT Pineson UL	130,00	unidad	260,49	--	--	31 284,91	--	--	31 284,91
Caja cuadrada	216,00	unidad	662,90	--	--	141 026,98	--	--	141 026,98
Placa ciega cuadrada	216,00	unidad	662,90	--	--	141 026,98	--	--	141 026,98
Bases 1/2"	240,00	unidad	39,00	--	--	9 400,00	--	--	9 400,00
Mazo de Obra	108,00	obls	--	20 000,00	--	--	2 160 000,00	--	2 160 000,00
<b># Construcción de Piso 6</b>									
<b>Piso 6</b>									
Panel LED 18. 2x3 60W 120-277 4000lm 8000K	86,00	unidad	88 020,88	--	--	1 188 884,84	--	--	1 188 884,84
Panel LED 18. 2x4 90W 120-277 8000lm 8000K	86,00	unidad	58 147,28	--	--	2 029 997,02	--	--	2 029 997,02
Panel LED Redondo 8" 18W 120-277 1200lm 8000K	44,00	unidad	3 872,90	--	--	161 980,00	--	--	161 980,00
<b>Materiales adicionales</b>									
Apagador sencillo	87,00	unidad	9 000,00	--	--	287 146,19	--	--	287 146,19
Caja Rectangular	87,00	unidad	934,84	--	--	29 904,27	--	--	29 904,27
Cable TSP 6x2	216,00	Mts	1 087,88	--	--	351 086,89	--	--	351 086,89
Cable TN40N AWS #12	1413,70	Mts	828,66	--	--	529 048,85	--	--	529 048,85
Tubo 1/2" EMT UL	140,00	unidad	2 000,18	--	--	381 826,28	--	--	381 826,28
Conector 1/2" EMT Pineson UL	216,00	unidad	218,88	--	--	90 423,85	--	--	90 423,85
Unión 1/2" EMT Pineson UL	140,00	unidad	260,49	--	--	41 876,02	--	--	41 876,02
Caja cuadrada	216,00	unidad	662,90	--	--	154 085,04	--	--	154 085,04
Placa ciega cuadrada	216,00	unidad	662,90	--	--	154 085,04	--	--	154 085,04
Bases 1/2"	330,00	unidad	39,00	--	--	11 200,00	--	--	11 200,00
Mazo de Obra	114,00	obls	--	20 000,00	--	--	2 840 000,00	--	2 840 000,00
<b># Construcción de Piso 7</b>									
<b>Piso 7</b>									
Panel LED 18. 2x3 60W 120-277 4000lm 8000K	74,00	unidad	88 020,88	--	--	2 642 791,06	--	--	2 642 791,06
Panel LED 18. 2x4 90W 120-277 8000lm 8000K	9,00	unidad	58 147,28	--	--	479 826,61	--	--	479 826,61
Panel LED Redondo 8" 18W 120-277 1200lm 8000K	41,00	unidad	3 872,90	--	--	160 972,90	--	--	160 972,90
<b>Materiales adicionales</b>									
Apagador sencillo	89,00	unidad	9 000,00	--	--	277 090,18	--	--	277 090,18
Caja Rectangular	89,00	unidad	934,84	--	--	28 809,00	--	--	28 809,00
Cable TSP 6x2	216,00	Mts	1 087,88	--	--	368 938,76	--	--	368 938,76
Cable TN40N AWS #12	1492,40	Mts	828,66	--	--	559 946,69	--	--	559 946,69
Tubo 1/2" EMT UL	142,00	unidad	2 000,18	--	--	388 426,19	--	--	388 426,19
Conector 1/2" EMT Pineson UL	216,00	unidad	218,88	--	--	92 987,78	--	--	92 987,78
Unión 1/2" EMT Pineson UL	142,00	unidad	260,49	--	--	38 989,24	--	--	38 989,24
Caja cuadrada	216,00	unidad	662,90	--	--	141 918,87	--	--	141 918,87
Placa ciega cuadrada	216,00	unidad	662,90	--	--	141 918,87	--	--	141 918,87
Bases 1/2"	284,00	unidad	39,00	--	--	9 940,00	--	--	9 940,00
Mazo de Obra	114,00	obls	--	20 000,00	--	--	2 680 000,00	--	2 680 000,00
<b># Construcción de Piso 2</b>									
<b>Piso 2</b>									
Panel LED 18. 2x3 60W 120-277 4000lm 8000K	49,00	unidad	88 020,88	--	--	1 584 913,12	--	--	1 584 913,12
Panel LED 18. 2x4 90W 120-277 8000lm 8000K	41,00	unidad	58 147,28	--	--	2 179 038,89	--	--	2 179 038,89
Panel LED Redondo 8" 18W 120-277 1200lm 8000K	29,00	unidad	3 872,90	--	--	106 903,90	--	--	106 903,90
<b>Materiales adicionales</b>									
Apagador sencillo	89,00	unidad	9 000,00	--	--	277 090,18	--	--	277 090,18
Caja Rectangular	89,00	unidad	934,84	--	--	28 809,00	--	--	28 809,00
Cable TSP 6x2	216,00	Mts	1 087,88	--	--	351 086,89	--	--	351 086,89
Cable TN40N AWS #12	1413,70	Mts	828,66	--	--	529 048,85	--	--	529 048,85
Tubo 1/2" EMT UL	140,00	unidad	2 000,18	--	--	381 826,28	--	--	381 826,28
Conector 1/2" EMT Pineson UL	216,00	unidad	218,88	--	--	90 423,85	--	--	90 423,85
Unión 1/2" EMT Pineson UL	140,00	unidad	260,49	--	--	41 876,02	--	--	41 876,02
Caja cuadrada	216,00	unidad	662,90	--	--	154 085,04	--	--	154 085,04
Placa ciega cuadrada	216,00	unidad	662,90	--	--	154 085,04	--	--	154 085,04
Bases 1/2"	330,00	unidad	39,00	--	--	11 200,00	--	--	11 200,00
Mazo de Obra	114,00	obls	--	20 000,00	--	--	2 840 000,00	--	2 840 000,00

<b>7</b>	<b>Iluminación de Piso 1</b>								
	<b>Piso 1</b>			-	-	-	-	-	-
	Panel LED UL 2x2 40W 120-277 4000lm 6000k	50,00	Unidad	33 010,69	-	-	1 650 534,50	-	1 650 534,50
	Panel LED UL 2x4 50W 120-277 5000lm 6000k	43,00	Unidad	53 147,29	-	-	2 285 333,47	-	2 285 333,47
	Panel LED Redondo 8" 38W 120-277 1200lm 6000k	29,00	Unidad	3 672,50	-	-	106 502,50	-	106 502,50
	<b>Materiales adicionales</b>								
	Apagador sencillo	60,00	Unidad	5 038,00	-	-	302 280,20	-	302 280,20
	Caja Rectangular	60,00	Unidad	524,64	-	-	31 478,18	-	31 478,18
	Cable TGP 3x12	284,00	Mts	1 482,66	-	-	362 988,14	-	362 988,14
	Cable THHN AWG #12	1665,30	Mts	328,46	-	-	546 979,61	-	546 979,61
	Tubo 1/2" EMT UL	120,00	Unid	2 383,28	-	-	405 154,11	-	405 154,11
	Conector 1/2" EMT Presion UL	244,00	Unid	213,66	-	-	52 133,14	-	52 133,14
	Union 1/2" EMT Presion UL	120,00	Unid	260,49	-	-	44 282,89	-	44 282,89
	Caja cuadrada	244,00	Unid	652,90	-	-	159 308,26	-	159 308,26
	Placa ciega cuadrada	244,00	Unid	652,90	-	-	159 308,26	-	159 308,26
	Gazas 1/2"	340,00	Unid	35,00	-	-	11 900,00	-	11 900,00
	Mano de Obra	122,00	Glb	-	20 000,00	-	-	2 440 000,00	2 440 000,00
<b>8</b>	<b>Iluminación de Sotano</b>								
	<b>Piso 1</b>			-	-	-	-	-	-
	Panel LED UL 2x2 40W 120-277 4000lm 6000k	75,00	Unidad	33 010,69	-	-	2 475 801,75	-	2 475 801,75
	Panel LED UL 2x4 50W 120-277 5000lm 6000k	40,00	Unidad	53 147,29	-	-	2 125 891,60	-	2 125 891,60
	Panel LED Redondo 8" 38W 120-277 1200lm 6000k	27,00	Unidad	3 672,50	-	-	99 157,50	-	99 157,50
	<b>Materiales adicionales</b>								
	Apagador sencillo	70,00	Unidad	5 038,00	-	-	352 660,23	-	352 660,23
	Caja Rectangular	70,00	Unidad	524,64	-	-	36 724,55	-	36 724,55
	Cable TGP 3x12	284,00	Mts	1 482,66	-	-	422 494,39	-	422 494,39
	Cable THHN AWG #12	1938,30	Mts	328,46	-	-	636 648,40	-	636 648,40
	Tubo 1/2" EMT UL	200,00	Unid	2 383,28	-	-	476 656,60	-	476 656,60
	Conector 1/2" EMT Presion UL	406,00	Unid	213,66	-	-	91 019,33	-	91 019,33
	Union 1/2" EMT Presion UL	200,00	Unid	260,49	-	-	52 097,52	-	52 097,52
	Caja cuadrada	284,00	Unid	652,90	-	-	185 434,37	-	185 434,37
	Placa ciega cuadrada	284,00	Unid	652,90	-	-	185 434,37	-	185 434,37
	Gazas 1/2"	400,00	Unid	35,00	-	-	14 000,00	-	14 000,00
	Mano de Obra	142,00	Glb	-	20 000,00	-	-	2 840 000,00	2 840 000,00
	<b>TOTAL ACTIVIDADES</b>						<b>46 177 686,38</b>	<b>19 640 000,00</b>	<b>65 817 686,38</b>
	<b>Materiales</b>						<b>€ 46 177 686,38</b>		
	<b>Mano de Obra</b>						<b>€ 19 640 000,00</b>		
	<b>Bodega</b>						<b>€ 100 000,00</b>		
	<b>Seguridad Ocupacional</b>						<b>€ 500 000,00</b>		
	<b>Cargas Sociales</b>	45%					<b>€ 8 838 000,00</b>		
	<b>Inspección</b>	5,0%					<b>€ 2 308 884,32</b>		
	<b>Equipo y herramienta</b>	5,0%					<b>€ 2 308 884,32</b>		
	<b>Aceros y Transportes</b>	5,0%					<b>€ 2 308 884,32</b>		
	<b>Polizas</b>	7,0%					<b>€ 1 374 800,00</b>		
	<b>Administración</b>	6,0%					<b>€ 2 770 661,18</b>		
	<b>Imprevistos</b>	3,0%					<b>€ 2 589 834,02</b>		
	<b>Utilidad</b>	8,0%					<b>€ 7 132 365,46</b>		
	<b>TOTAL SIN IVA</b>						<b>€ 96 050 000,00</b>		
	<b>IVA</b>	13%					<b>€ 12 486 500,00</b>		
	<b>TOTAL CON IVA</b>						<b>€ 108 536 500,00</b>		

Notas del presupuesto





## ANEXO 6. Referencia de fichas técnicas luminaria propuesta en los descansos de la escalera principal del edificio Pbro. Benjamín Núñez



- Luminaria LED con salida luminosa dirigida por medio de su reflector forjado, para aplicaciones comerciales e industriales.
- Recomendada para aplicaciones en alturas diversas según la necesidad y configuración, de 8 a 12 metros según se requiere.
- Puede utilizar difusor transparente o prismático.
- LED Fixture with light output directed by the forged reflector, for commercial and industrial applications.
- Recommended for applications with different heights according to the needs and configurations, of 8 to 12 meters as required.
- It can use transparent or prismatic diffuser.

• Industrias / Industry  
 • Bodegas / Warehouse  
 • Comercios / Commercial

### Configuraciones disponibles

Available configurations

ESPECIFICACIONES / SPECIFICATIONS					OPCIONES DE SELECCIÓN (LINEA) / SINGLE CHOICE (OPTIONS)				MÁS INFORMACIÓN / MORE INFO				
Modelo / Model	Tip. LED / LED type	Cant. Módulos / No. Modules Qty	Potencia (W) / Power	Flujo luminoso Total / Total Flux (lm)	Flujo / Difusor / Diffuser #1	Flujo / Difusor / Diffuser #2	Salida energética / Energy Output	Resistencia a la corrosión / Corrosion Resistance	Salida técnica / Technical data	Opciones de luz / Light options (TP, TL, TP/TL)	Distancia / Difusor / Diffuser #1	Distancia / Difusor / Diffuser #2	Ángulo de cobertura / Coverage
402 LUXEM LED	BMD	4	158	15700	17070	-	-	TP	-	-	≤100	≤105	48°
		8	82	8290	9500	-	-	TL	-	-	>100	>115	48°
		8	108	10950	12500	-	-	TL	-	-	>100	>115	48°
		8	180	20560	23600	-	-	TP	-	-	>110	>130	48°
		8	226	24100	28700	-	-	TP	-	-	≤100	≤120	48°

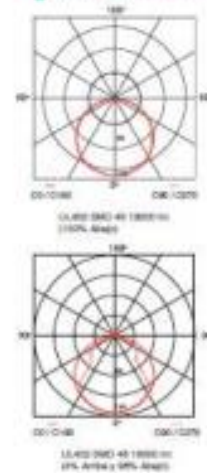
### Resumen de rendimiento

Performance summary

Datos técnicos / Technical Data		TP	TL
Índice de reproducción color / Color rendering index		80	80
Capacidad de atenuación / Dimming capability		0-10 V	0-10 V
Tensión de operación / Input voltage		120-277 V~	120-277 V~
Frecuencia de operación / Operating frequency		50 / 60 Hz	50 / 60 Hz
Factor de potencia / Power factor		>0.95	>0.9
THD en corriente / THD in current		<10% (120V) / <10% (277V)	<20%
Rango de Temp. de Operación / Operation Temp. Range		-40°C ~ +40°C	-20°C ~ +40°C
Vida útil / Lifespan		L70 = 72 000 h (BPC)	L70 = 72 000 h (BPC)
CCT Disponible / CCT Available		5000 K	4000 K, 5000 K y 5500K

### Curva fotométrica

Photometric curve



### Dimensiones

Dimensions

Dimensiones / Dimensions	A (mm)	B (mm)	C (mm)
24" (6 módulos)	615	326	49
48" (4 módulos)	1182	226	49
48" (8 módulos)	1182	436	49
48" (6 módulos)	1182	320	49



Spécifiez les caractéristiques de couleur, de rendement énergétique et les spécifications techniques en fonction du produit. Specify the color, light output and energy efficiency specifications in accordance with the product.



ANEXO 7. Costo de referencia del estudio propuesto de cambio de luminaria en descansos

<b>CIERRE DE PRESUPUESTO</b>			
<b>Costos Directos</b>			
Material		1 129 957,32	44,40%
Mano de Obra		450 000,00	19,40%
Inspeccion		56 497,87	2,22%
Equipos y Herramientas		84 746,80	3,33%
Acarreos y Transportes		84 746,80	3,33%
Viaticos		-	0,00%
<b>SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS</b>			<b>1 805 948,78</b>
<b>Costos Indirectos</b>			
Polizas	1,4%	31 500,00	
Administración	11,39%	270 297,44	
<b>SUBTOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>			<b>301 797,44</b>
<b>SUBTOTAL DIRECTOS + INDIRECTOS</b>			<b>2 107 746,22</b>
Imprevistos	3,9%	96 750,08	96 750,08
Utilidad	10,7%	270 753,70	270 753,70
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>			<b>2 475 250,00</b>

## ANEXO 8. Referencia de fichas técnicas sensor propuesto en el control de iluminación de los servicios sanitarios

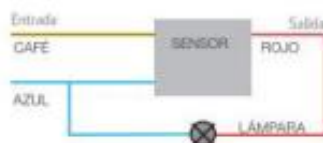


### LX28A



\*\* Ver política de garantía IPSA

#### Diagrama de conexión:



#### Características:

- Tecnología de rayos infrarrojos capaz de detectar cualquier movimiento dentro de su rango.
- Amplios rangos de detección que abarcan zonas de arriba hacia abajo y zonas de izquierda a derecha.
- Identifica luz ambiental.
- Fotocelda incluida con ajuste de intensidad de luz exterior.
- Ahorro de energía eléctrica.
- Para ser usados en lámparas incandescentes, LEDS, fluorescentes y de halógeno.
- Fácil instalación.
- Diseño moderno y estético.

#### Parámetros Eléctricos

	LX28A
Altura de instalación	2.5 m - 3.5 m
Distancia de detección	6 a 8 m
Rango de detección	360°
Luz ambiental operación	10LUX-2000LUX
Tiempo de activación	10+/-3seg a 8+/-3min (ajustable)
Regimen de carga	600W
Voltaje de operación	90 - 130V-
Frecuencia	50 - 60Hz
Velocidad de detección	0.6 - 1.5m/s
Temperatura de trabajo	-10°C a +40°C
Color	Bianco

#### Precauciones:

- Evite contacto directo con el agua y humedad.

#### Aplicaciones:

- Hogar
- Oficina
- Museos
- Comercios
- Edificios
- Pasillos

Llámalo sin costo:

**01800-672-9515**

[ventas@ipsanet.com](mailto:ventas@ipsanet.com) / [atencionclientes@ipsanet.com](mailto:atencionclientes@ipsanet.com)

+52 1 33 3700 9264 / +52 1 33 1810 4013

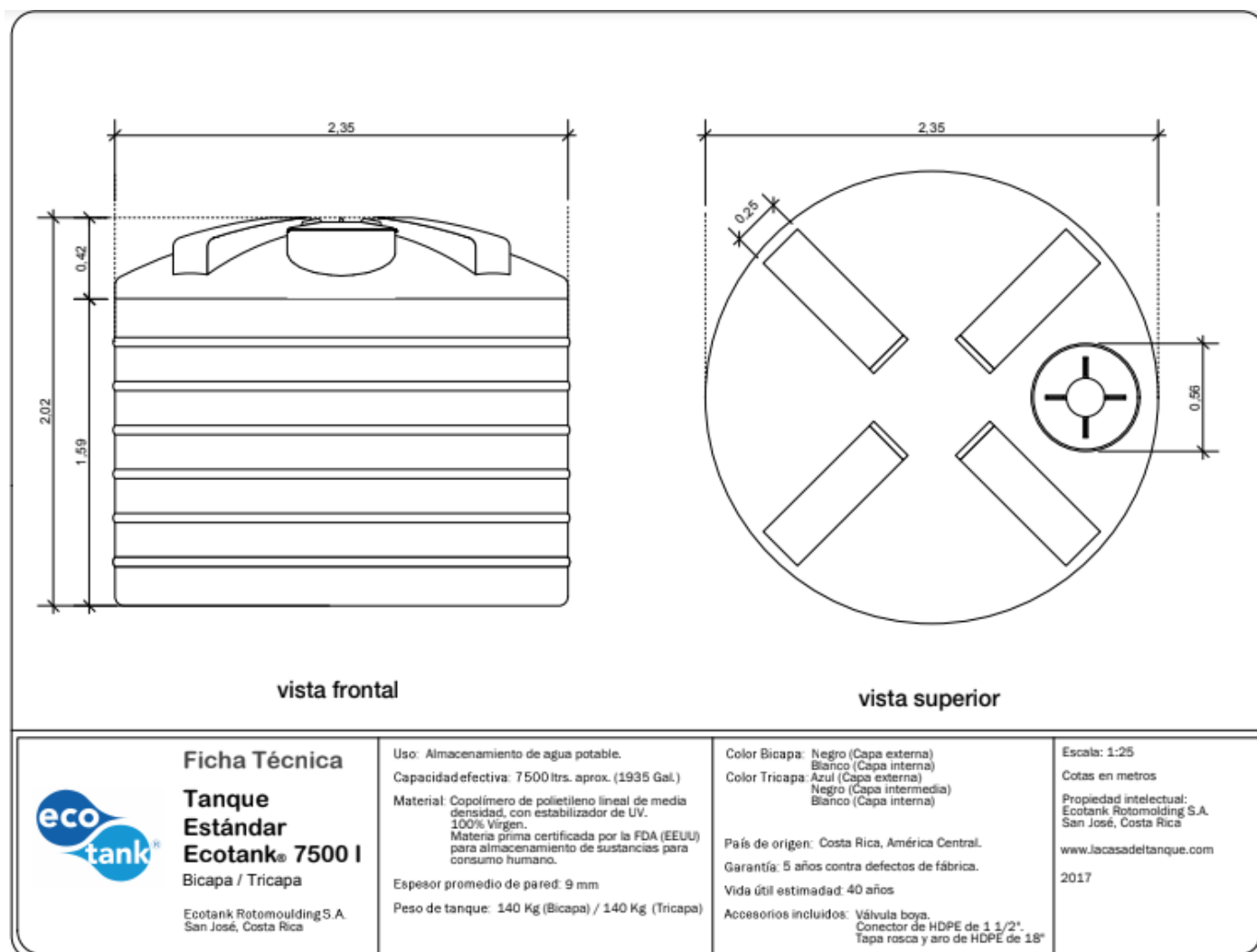
[www.ipsanet.com](http://www.ipsanet.com)



ANEXO 9. Referencia de costos para la propuesta de control de iluminación en servicios sanitarios

<b>CIERRE DE PRESUPUESTO</b>			
<b>Costos Directos</b>			
	Materiales	1 714 146,26	44,40%
	Mano de Obra	750 000,00	19,40%
	Inspeccion	85 707,31	2,22%
	Equipos y Herramientas	128 560,97	3,33%
	Acarreos y Transportes	128 560,97	3,33%
	Viaticos	-	0,00%
<b>SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS</b>			<b>2 806 975,51</b>
<b>Costos Indirectos</b>			
	Polizas	1,4%	52 500,00
	Administración	11,39%	440 348,78
<b>SUBTOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>			<b>492 848,78</b>
<b>SUBTOTAL DIRECTOS + INDIRECTOS</b>			<b>3 299 824,29</b>
	Imprevistos	3,9%	151 652,80
	Utilidad	10,7%	414 022,91
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>			<b>3 865 500,00</b>

## ANEXO 10. Ficha técnica del tanque de almacenamiento propuesto



vista frontal

vista superior



## Ficha Técnica

**Tanque Estándar Ecotank® 7500 l**

Bicapa / Tricapa

Ecotank Rotomoulding S.A.  
San José, Costa Rica

Uso: Almacenamiento de agua potable.

Capacidad efectiva: 7500 ltrs. aprox. (1935 Gal.)

Material: Copolímero de polietileno lineal de media densidad, con estabilizador de UV. 100% Virgen. Materia prima certificada por la FDA (EEUU) para almacenamiento de sustancias para consumo humano.

Espesor promedio de pared: 9 mm

Peso de tanque: 140 Kg (Bicapa) / 140 Kg (Tricapa)

Color Bicapa: Negro (Capa externa)

Blanco (Capa interna)

Color Tricapa: Azul (Capa externa)

Negro (Capa intermedia)

Blanco (Capa interna)

País de origen: Costa Rica, América Central.

Garantía: 5 años contra defectos de fábrica.

Vida útil estimada: 40 años

Accesorios incluidos: Válvula boya.  
Conector de HDPE de 1 1/2".  
Tapa rosca y aro de HDPE de 18"

Escala: 1:25

Cotas en metros

Propiedad intelectual:  
Ecotank Rotomoulding S.A.  
San José, Costa Rica

www.lacasadeltanque.com

2017

# ANEXO 11. Ficha técnica de bomba multietapa CPM-600 con regulador de presión



### Electrobombas centrifugas

- Agua limpia
- Lijo doméstico
- Lijo civil

#### CAMPO DE PRESTACIONES

- Caudal hasta 160 l/min (0.6 m³/h)
- Altura manométrica hasta 56 m

#### LÍMITES DE USO

- Altura de aspiración manométrica hasta 7 m
- Temperatura del líquido de -10 °C hasta +90 °C
- Temperatura ambiente hasta +40 °C
- Presión máxima en el cuerpo de la bomba:
  - 6 bar para CP 600-610-620
  - 10 bar para CP 650-660-670
- Funcionamiento continuo S1

EJECUCIÓN Y NORMAS DE SEGURIDAD  
 EN 60335-1 IEC 60335-1 CEI 61-150  
 EN 60034-1 IEC 60034-1 CEI 2-3

CERTIFICACIONES  
 Empresa con sistema de gestión certificado DINV ISO 9001: CALIDAD

#### USOS E INSTALACIONES

Son recomendadas para bombear agua limpia, sin partículas abrasivas y líquidos químicamente no agresivos con los materiales que constituyen la bomba. Por su confiabilidad y simplicidad encuentran un amplio uso en el sector doméstico y civil, particularmente para la distribución del agua acopladas a pequeños o medianos tanques autoelevados, para el riego de parques, jardines y huertos. La instalación se debe realizar en lugares cerrados, bien aireados y protegidos de la intemperie.

#### PATENTES - MARCAS - MODELOS

- Marca registrada nº 0001016100 CPM™/S
- Modelo comunitario registrado nº 002090404

#### EJECUCIÓN BAJO PEDIDO

- Sello mecánico especial
- Otros voltajes
- Protección IP X3 para CP 650-660-670

#### GARANTÍA

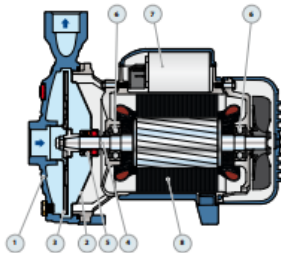
2 años según muestras condiciones generales de venta

60 Hz | CP 0.25 kW - 2.2 kW

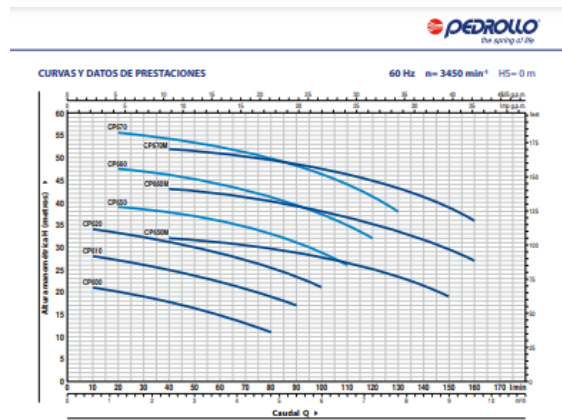
CP 0.25 kW - 2.2 kW | 60 Hz

POS. COMPONENTE	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS																								
1 CUERPO BOMBA	Hierro fundido con tratamiento de catálisis con bocas roscadas ISO 228/1																								
2 TAPA	Acero inoxidable AISI 304 (en Hierro para CP 650-660-670-650M-660M-670M)																								
3 RODETE	Acero inoxidable AISI 304																								
4 EJE MOTOR	Acero inoxidable AISI 431																								
5 SELLO MECANICO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Electrobomba</th> <th>Sello</th> <th>Eje</th> <th>Material</th> <th>Material</th> <th>Material</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CP 600-610</td> <td>AR-12</td> <td>Ø 12 mm</td> <td>Cerámica</td> <td>Grafito</td> <td>NBR</td> </tr> <tr> <td>CP 620</td> <td>AR-14</td> <td>Ø 14 mm</td> <td>Cerámica</td> <td>Grafito</td> <td>NBR</td> </tr> <tr> <td>CP 650-660-670</td> <td>FN-18</td> <td>Ø 18 mm</td> <td>Grafito</td> <td>Cerámica</td> <td>NBR</td> </tr> </tbody> </table>	Electrobomba	Sello	Eje	Material	Material	Material	CP 600-610	AR-12	Ø 12 mm	Cerámica	Grafito	NBR	CP 620	AR-14	Ø 14 mm	Cerámica	Grafito	NBR	CP 650-660-670	FN-18	Ø 18 mm	Grafito	Cerámica	NBR
Electrobomba	Sello	Eje	Material	Material	Material																				
CP 600-610	AR-12	Ø 12 mm	Cerámica	Grafito	NBR																				
CP 620	AR-14	Ø 14 mm	Cerámica	Grafito	NBR																				
CP 650-660-670	FN-18	Ø 18 mm	Grafito	Cerámica	NBR																				
6 RODAMIENTOS	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Electrobomba</th> <th>Modelo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CP 600-610</td> <td>6201 ZZ / 6201 ZZ</td> </tr> <tr> <td>CP 620</td> <td>6203 ZZ / 6203 ZZ</td> </tr> <tr> <td>CP 650-660-670</td> <td>6204 ZZ / 6204 ZZ</td> </tr> </tbody> </table>	Electrobomba	Modelo	CP 600-610	6201 ZZ / 6201 ZZ	CP 620	6203 ZZ / 6203 ZZ	CP 650-660-670	6204 ZZ / 6204 ZZ																
Electrobomba	Modelo																								
CP 600-610	6201 ZZ / 6201 ZZ																								
CP 620	6203 ZZ / 6203 ZZ																								
CP 650-660-670	6204 ZZ / 6204 ZZ																								
7 CONDENSADOR	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Electrobomba</th> <th>Capacidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Monofásica</td> <td>(220V)</td> </tr> <tr> <td>CPm 600</td> <td>10 µF - 450 V/L 25 µF - 250 V/L</td> </tr> <tr> <td>CPm 610</td> <td>14 µF - 450 V/L 25 µF - 250 V/L</td> </tr> <tr> <td>CPm 620</td> <td>20 µF - 450 V/L 60 µF - 250 V/L</td> </tr> <tr> <td>CPm 650-650M</td> <td>25 µF - 450 V/L 60 µF - 250 V/L</td> </tr> <tr> <td>CPm 660-660M</td> <td>31.5 µF - 450 V/L 60 µF - 250 V/L</td> </tr> <tr> <td>CPm 670-670M</td> <td>50 µF - 450 V/L 80 µF - 250 V/L</td> </tr> </tbody> </table>	Electrobomba	Capacidad	Monofásica	(220V)	CPm 600	10 µF - 450 V/L 25 µF - 250 V/L	CPm 610	14 µF - 450 V/L 25 µF - 250 V/L	CPm 620	20 µF - 450 V/L 60 µF - 250 V/L	CPm 650-650M	25 µF - 450 V/L 60 µF - 250 V/L	CPm 660-660M	31.5 µF - 450 V/L 60 µF - 250 V/L	CPm 670-670M	50 µF - 450 V/L 80 µF - 250 V/L								
Electrobomba	Capacidad																								
Monofásica	(220V)																								
CPm 600	10 µF - 450 V/L 25 µF - 250 V/L																								
CPm 610	14 µF - 450 V/L 25 µF - 250 V/L																								
CPm 620	20 µF - 450 V/L 60 µF - 250 V/L																								
CPm 650-650M	25 µF - 450 V/L 60 µF - 250 V/L																								
CPm 660-660M	31.5 µF - 450 V/L 60 µF - 250 V/L																								
CPm 670-670M	50 µF - 450 V/L 80 µF - 250 V/L																								

8 MOTOR ELECTRICO  
 CPm: monofásica 220 V - 60 Hz con protección térmica incorporada en el bobinado.  
 CP: trifásica 220/380 V - 60 Hz o 220/440 V - 60 Hz.  
 Las electrobombas trifásicas están equipadas con motores de alto rendimiento en clase IE2 hasta P=0.60 kW y en clase IE3 desde P=0.75 kW (IEC 60034-30-1)  
 - Avilamiento: clase F  
 - Protección: IP X4



60 Hz | CP 0.25 kW - 2.2 kW



MODELO	POTENCIA (P <sub>2</sub> )	Q (m³/h)	0	0.6	1.2	2.4	3.6	4.8	5.4	6.0	6.6	7.2	7.8	8.0	8.6		
Monofásica	Trifásica	kW	HP	A	0	1.0	2.0	4.0	6.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0		
CPm 600	CP 600	0.37	0.50	IE2	22	21	20	18	15	11							
CPm 610	CP 610	0.60	0.85	IE2	28.5	28	27	25	22	19	17						
CPm 620	CP 620	0.75	1	IE2	35	34	33	31	28.5	25.5	23.5	21					
CPm 650	CP 650	1.1	1.5	IE3	40	-	39	38	36	33.1	31.2	28.8	26				
CPm 660	CP 660	1.5	2	IE3	48	-	47.5	46	44	41	38.5	37.5	35	32			
CPm 670	CP 670	2.2	3	IE3	56	-	55.5	54.5	52.5	50	48.5	46.5	44	41.5	38		
CPm 650M	CP 650M	1.1	1.5	IE3	38	-	-	37	36	30	29	28	26.5	25	23	19	
CPm 660M	CP 660M	1.5	2	IE3	44	-	-	43	42	40	39	38	37	35.5	34	29.5	27
CPm 670M	CP 670M	2.2	3	IE3	53	-	-	52	51	49.5	48.5	47.5	46.5	45	43.5	39	36

Q = Caudal; H = Altura manométrica total; M = Altura de aspiración. Tolerancia de las curvas de prestación según EN 60529 Grado B8.  
 ▲ Clase de aislamiento del motor trifásico (IEC 60034-30-1)

POS. COMPONENTE	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS																								
1 CUERPO BOMBA	Hierro fundido con tratamiento de catálisis con bocas roscadas ISO 228/1																								
2 TAPA	Acero inoxidable AISI 304 (en Hierro para CP 650-660-670-650M-660M-670M)																								
3 RODETE	Acero inoxidable AISI 304																								
4 EJE MOTOR	Acero inoxidable AISI 431																								
5 SELLO MECANICO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Electrobomba</th> <th>Sello</th> <th>Eje</th> <th>Material</th> <th>Material</th> <th>Material</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CP 600-610</td> <td>AR-12</td> <td>Ø 12 mm</td> <td>Cerámica</td> <td>Grafito</td> <td>NBR</td> </tr> <tr> <td>CP 620</td> <td>AR-14</td> <td>Ø 14 mm</td> <td>Cerámica</td> <td>Grafito</td> <td>NBR</td> </tr> <tr> <td>CP 650-660-670</td> <td>FN-18</td> <td>Ø 18 mm</td> <td>Grafito</td> <td>Cerámica</td> <td>NBR</td> </tr> </tbody> </table>	Electrobomba	Sello	Eje	Material	Material	Material	CP 600-610	AR-12	Ø 12 mm	Cerámica	Grafito	NBR	CP 620	AR-14	Ø 14 mm	Cerámica	Grafito	NBR	CP 650-660-670	FN-18	Ø 18 mm	Grafito	Cerámica	NBR
Electrobomba	Sello	Eje	Material	Material	Material																				
CP 600-610	AR-12	Ø 12 mm	Cerámica	Grafito	NBR																				
CP 620	AR-14	Ø 14 mm	Cerámica	Grafito	NBR																				
CP 650-660-670	FN-18	Ø 18 mm	Grafito	Cerámica	NBR																				
6 RODAMIENTOS	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Electrobomba</th> <th>Modelo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CP 600-610</td> <td>6201 ZZ / 6201 ZZ</td> </tr> <tr> <td>CP 620</td> <td>6203 ZZ / 6203 ZZ</td> </tr> <tr> <td>CP 650-660-670</td> <td>6204 ZZ / 6204 ZZ</td> </tr> </tbody> </table>	Electrobomba	Modelo	CP 600-610	6201 ZZ / 6201 ZZ	CP 620	6203 ZZ / 6203 ZZ	CP 650-660-670	6204 ZZ / 6204 ZZ																
Electrobomba	Modelo																								
CP 600-610	6201 ZZ / 6201 ZZ																								
CP 620	6203 ZZ / 6203 ZZ																								
CP 650-660-670	6204 ZZ / 6204 ZZ																								
7 CONDENSADOR	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Electrobomba</th> <th>Capacidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Monofásica</td> <td>(220V)</td> </tr> <tr> <td>CPm 600</td> <td>10 µF - 450 V/L 25 µF - 250 V/L</td> </tr> <tr> <td>CPm 610</td> <td>14 µF - 450 V/L 25 µF - 250 V/L</td> </tr> <tr> <td>CPm 620</td> <td>20 µF - 450 V/L 60 µF - 250 V/L</td> </tr> <tr> <td>CPm 650-650M</td> <td>25 µF - 450 V/L 60 µF - 250 V/L</td> </tr> <tr> <td>CPm 660-660M</td> <td>31.5 µF - 450 V/L 60 µF - 250 V/L</td> </tr> <tr> <td>CPm 670-670M</td> <td>50 µF - 450 V/L 80 µF - 250 V/L</td> </tr> </tbody> </table>	Electrobomba	Capacidad	Monofásica	(220V)	CPm 600	10 µF - 450 V/L 25 µF - 250 V/L	CPm 610	14 µF - 450 V/L 25 µF - 250 V/L	CPm 620	20 µF - 450 V/L 60 µF - 250 V/L	CPm 650-650M	25 µF - 450 V/L 60 µF - 250 V/L	CPm 660-660M	31.5 µF - 450 V/L 60 µF - 250 V/L	CPm 670-670M	50 µF - 450 V/L 80 µF - 250 V/L								
Electrobomba	Capacidad																								
Monofásica	(220V)																								
CPm 600	10 µF - 450 V/L 25 µF - 250 V/L																								
CPm 610	14 µF - 450 V/L 25 µF - 250 V/L																								
CPm 620	20 µF - 450 V/L 60 µF - 250 V/L																								
CPm 650-650M	25 µF - 450 V/L 60 µF - 250 V/L																								
CPm 660-660M	31.5 µF - 450 V/L 60 µF - 250 V/L																								
CPm 670-670M	50 µF - 450 V/L 80 µF - 250 V/L																								
8 MOTOR ELECTRICO	CPm: monofásica 220 V - 60 Hz con protección térmica incorporada en el bobinado. CP: trifásica 220/380 V - 60 Hz o 220/440 V - 60 Hz. Las electrobombas trifásicas están equipadas con motores de alto rendimiento en clase IE2 hasta P=0.60 kW y en clase IE3 desde P=0.75 kW (IEC 60034-30-1) - Avilamiento: clase F - Protección: IP X4																								

MODELO	BOCAS	DIMENSIONES mm	kg										
Monofásica	Trifásica	DN1	DN2	a	f	h3	h1	h2	r1	r2	w	x	z
CPm 600	CP 600												
CPm 610	CP 610	1"	1"	42	257	205	82	123	165	135	38	11	7.0 7.7
CPm 620	CP 620				286	240	92	148	190	160	37		8.5 7.8
CPm 650-650M	CP 650-650M				307	360	110	150	206	165	44.5	11	11.0 10.9
CPm 660-660M	CP 660-660M	1 1/2"	1 1/2"	51	367	360	110	150	206	165	44.5	11	12.8 12.6
CPm 670-670M	CP 670-670M	2"	2"	67	367/387								16.8 17.0

#### CONSUMO EN AMPERIOS

MODELO	TENSIÓN	MODELO	TENSIÓN
Monofásica	220 V	Trifásica	220V
CPm 600	2.7 A	CP 600	1.8 A
CPm 610	4.0 A	CP 610	2.8 A
CPm 620	6.0 A	CP 620	4.2 A
CPm 650-650M	8.8 A	CP 650	7.5 A
CPm 660-660M	9.7 A	CP 660	7.6 A
CPm 670-670M	12.2 A	CP 670	7.6 A

#### PALETIZADO

MODELO	TRIFÁSICA	PARA GRU/PAJE	PARA CONTAINER
Monofásica	Trifásica	nº bombas	nº bombas
CPm 600	CP 600	96	144
CPm 610	CP 610	96	144
CPm 620	CP 620	70	112
CPm 650-650M	CP 650-650M	50	70
CPm 660-660M	CP 660-660M	50	70
CPm 670-670M	-	50	70
-	CP 670-670M	35	49

CP 0.25 kW - 2.2 kW | 60 Hz



## ANEXO 12. Ficha técnica del regulador electrónico de presión propuesto



**EASY PRESS**

Regulador electrónico de presión

Uso doméstico

**CAMPO DE PRESTACIONES**

- Caudal máximo: **200 l/min** (12 m<sup>3</sup>/h)
- Presión de trabajo: **10 bar**
- Presión de arranque: **1.5 bar**

**LÍMITES DE USO**

- Temperatura máxima del fluido hasta **+25 °C**
- Temperatura ambiente hasta **+40 °C**
- Presión de explosión **> 40 bar**
- Protección: **IP 65**
- Tensión: **230 V** - frecuencia: **50/60 Hz**
- Corriente máxima: **16 A**

**EJECUCIÓN Y NORMAS DE SEGURIDAD**

- Placa electrónica resinada para una protección absoluta contra la humedad, fácilmente sustituible, colocada en la custodia con protección IP 65.
- La placa electrónica en el interior del EASYPRESS ha superado los más severos test EMC de compatibilidad electromagnética.
- EASYPRESS completo con manómetro.

**USOS E INSTALACIONES**

Los productos de la serie EASYPRESS son dispositivos electrónicos para el arranque (al momento de abrir el grifo) y el paro (al cerrar el grifo) de electrobombas monofásicas. El uso de una **lógica de microprocesadores** protege a la electrobomba del **funcionamiento en seco** disponiendo de la reactivación automática o manual de la bomba. Además, protege a la electrobomba de arranques frecuentes debido a pequeñas pérdidas en la instalación.

**PATENTES - MARCAS - MODELOS**

- Modelo comunitario registrado nº 868062
- Patente nº IT 1388069, IT 1388070
- EASYPRESS® marca registrada nº 0001334481

**EJECUCIÓN BAJO PEDIDO**

- Versión con presión de arranque **0.8 bar**
- Versión con presión de arranque **2.2 bar**
- Versión con bocas de 1" NPT
- Versión con cable, conector y clavija Schuko

**GARANTÍA**

2 años según nuestras condiciones generales de venta

**PRESIÓN DE ARRANQUE**

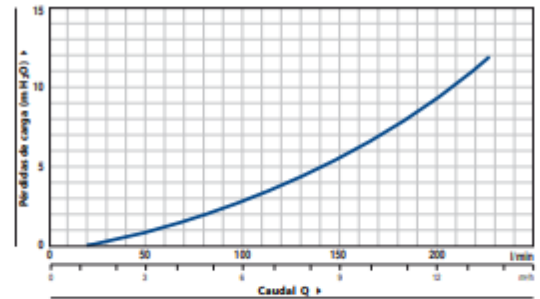
Son disponibles tres modelos con tres distintas presiones de arranque que se distinguen por el color del botón que se encuentra en la parte posterior del EASYPRESS, para su correcto uso en instalaciones a distintas alturas.

**Altura máxima del servicio**

- Versión 2.2 bar ● = 18 m
- Versión 1.5 bar ● = 11 m
- Versión 0.8 bar ● = 5 m

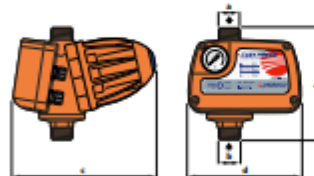


**PERDIDAS DE CARGA**



MODELO	POTENCIA (P=)		Volt	Hz	Amperios	Bocas	Caudal	Presión de arranque
	kW	HP						
EASYPRESS	1.5	2	230	50/60	16 A	1" x 1"	12 m <sup>3</sup> /h	1.5 bar

**DIMENSIONES Y PESOS**



MODELO	BOCAS		DIMENSIONES mm				kg
	a	b	c	d	h		
EASYPRESS	1"	1"	220	175	174	1.63	

**ACCESORIOS**

- GSR Conector especial de 3 piezas con sello o-ring (1" M)



**PALETIZADO**

MODELO	
Monofásica	n° EASYPRESS
EASYPRESS	147

## ANEXO 13. Ficha técnica del filtro de recolección de agua pluvial propuesto

### PLASTIC-MART | Product Specifications



Products: Clean Rain Ultra™  
Code: DDCR99

The Ultimate All In One Rainwater  
Filtration and Collection System



#### Product Description

The Premium Choice for Easy, High Quality Rainwater

Clean Rain Ultra is the ultimate all in one rainwater filtration and collection system. A unique sleek cover and cap provides a stylish, integrated look. The advanced filtration technology (Hydro Activated Filtration™) allows the Clean Rain™ to shed leaves while the "Smart Sense" first flush diversion system automatically activates when water is detected and diverts the first flush of rainwater which contains contaminants from the roof to stormwater. Clean Rain™ allows the user to connect multiple outlet hoses to direct water to a pool, garden, rainwater tanks/cisterns or rain barrels. The Clean Rain™ body also rotates 180° allowing it to easily adapt to different installation environments.

#### Features and Benefits

- Break through Filtration and First Flush Diverter technology in one easy to install product offering
- Cutting edge Hydro Activated Filtration™ technology uses the Leaf Slide and a precisely vibrating angled screen to deflect debris off the screen.
- Compact inline First Flush Diverter diverts the first flush of rainwater containing contaminants from the roof to stormwater – no additional chamber required (Smart Sense™ technology)
- Minimal maintenance
- A unique sleek cover and cap provides a stylish, integrated look
- The Clean Rain™ Body swivels for convenient outlet positioning
- Fits standard garden, 1" sump and 1½" pool hoses, and 3" pipe
- Multi-fit cap and downspout adaptors – 3" and 4", 2 x 3" and 3 x 4"
- Easily accessible on/off switch, with a safety overflow to stormwater drain

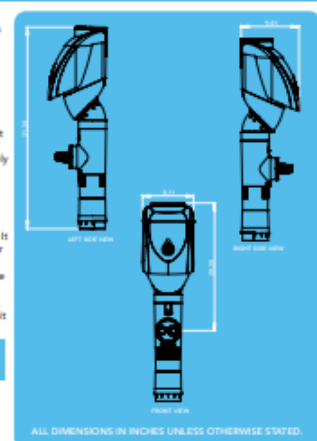
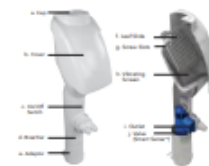
PLASTIC-MART | TOLL FREE (866) 310 2556  
www.plastic-mart.com

### PLASTIC-MART | Product Specifications

#### Installation

1. Remove 20.3" of downspout from where the Clean Rain™ is to be situated. Ensure all edges are clean and smooth.
2. Remove the cap and use snips to remove a section to fit the downspout.
3. Remove the cover by flexing outwards at the top.
4. Fit the correct downspout adaptor to the bottom of the Clean Rain™.
5. Slide the cap up the top section of downspout and hold temporarily in place.
6. Install the Clean Rain™ by positioning it securely on the bottom section of downspout.
7. Screw the top of the Clean Rain™ in position through the screw slots provided. Ensure appropriate screws and anchors (if required) are used.
8. Check the placement of the Vibrating Screen. It must sit behind and below the front face (refer figure 1).
9. Insert the Leaf Slide into slot holes (refer figure 2).
10. Re-install the front cover.
11. Slide the cap back down the downspout until it sits securely on top of the Clean Rain™ unit.

**Tip Off:** The Clean Rain™ can be turned off so that no water is diverted. To do this simply flip the switch on the front of the Clean Rain™ and in the next rainfall event of water will be directed to stormwater.



#### Maintenance

The Clean Rain™ is mostly self-cleaning, however it may require occasional maintenance in order to keep it functioning optimally.

**RAIN HEAD** – The leaf slide and vibrating screen can both be removed when the cap and cover are off by lifting up and out. If cleaning is required simply hose or brush off any debris. Replace as per figure 1 and 2.

**OUTLET** – The outlet has an internal mosquito barrier that prevents any mosquitoes from entering the tank. To clean simply remove the outlet by holding the unit in one hand and with a firm pull remove the outlet adaptor. The mosquito barrier sits within the outlet and can be removed by hand.

**FIRST FLUSH** – The Smart Sense™ valve may require the occasional clean to remove any build-up of sediment. To clean remove the Clean Rain™ from the wall and take the bottom adaptor off the unit. To maintain optimum performance the washers based at the bottom of the Smart Sense™ valve should be replaced approximately every 12 to 24 months.

DISCLAIMER: This product specification is not a complete guide to product usage. Further information is available from Rain Harvesting Pty Ltd and from the Installation and Operating Instructions. This specification sheet must be read in conjunction with the Installation and Operating Instructions and all applicable statutory requirements. Product specifications may change without notice. © Rain Harvesting Pty Ltd

PLASTIC-MART | TOLL FREE (866) 310 2556  
www.plastic-mart.com



## ANEXO 14. Cotización de instalación de tanque de almacenamiento de agua pluvial



Innovatio Engineering SRL  
3-102-799-366

## COTIZACION

N° COT. PR210302  
Ref Tanque expuesto

18 Mayo 2021

## DATOS CLIENTE

Empresa / Institución	Ministerio de Trabajo y Seguridad Social	Dpto / Area	Unidad de Mantenimiento	
Dirección	Barrio Amón, San José.			
Contacto	Sr. Adrián Cordero Picado	Teléfono 1	8894 1473	Ext
Correo electrónico	adrian.cordero@mtss.go.cr	Teléfono 2		Ext

## DETALLE DE COTIZACION

Item	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Subtotal línea
1	Tanque de captación de agua pluvial, fabricado con copolímero de poliuretano lineal de media densidad con estabilizador UV. Materia prima certificada por la FDA. Con espesor de pared de 9 mm. Vida útil estimada de 40 años. Incluye tapa rosca y are de HDPE de 18".			
2	Trabajos civiles para construcción de fosa expuesta. Incluye losa reforzada para soporte del peso del tanque con agua.			
3	Bomba eléctrica y conjunto de tuberías con sus respectivas válvulas para la captación, desfogue al alcanzar el nivel y red de drenaje en zonas previstas durante la visita para múltiples usos. Se contempla además filtro de agua pluvial.	1	\$ 31 056,00	\$ 31 056,00
4	Acometida eléctrica para bomba de trasiego.			
5	Mano de obra y cargas sociales para ejecución de obras.			
----- UL -----				

Validez de la oferta	1 mes
Tiempo de entrega	6 meses (contempla fabricación + importación + instalación)
Garantía	1 año
Forma de pago	Según cada empresa o institución

Subtotal	\$ 31 056,00
IVA (13%)	\$ 4 037,28
Total	\$ 35 093,28



Innovatio Engineering SRL  
3-102-799-366

## COTIZACION

N° COT. PR210302  
Ref Tanque subterráneo

18 Mayo 2021

## DATOS CLIENTE

Empresa / Institución	Ministerio de Trabajo y Seguridad Social	Dpto / Area	Unidad de Mantenimiento	
Dirección	Barrio Amón, San José.			
Contacto	Sr. Adrián Cordero Picado	Teléfono 1	8894 1473	Ext
Correo electrónico	adrian.cordero@mtss.go.cr	Teléfono 2		Ext

## DETALLE DE COTIZACION

Item	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Subtotal línea
1	Tanque de captación de agua pluvial, fabricado con copolímero de poliuretano lineal de media densidad con estabilizador UV. Materia prima certificada por la FDA. Con espesor de pared de 9 mm. Vida útil estimada de 40 años. Incluye tapa rosca y are de HDPE de 18".			
2	Trabajos civiles para construcción de fosa subterránea. Con paredes de concreto y refuerzos. Incluye losa inferior para soporte del peso del tanque con agua y losa superior para el tránsito vehicular.			
3	Bomba eléctrica y conjunto de tuberías con sus respectivas válvulas para la captación, desfogue al alcanzar el nivel y red de drenaje en zonas previstas durante la visita para múltiples usos. Se contempla además filtro de agua pluvial.	1	\$ 53 240,00	\$ 53 240,00
4	Acometida eléctrica para bomba de trasiego.			
5	Mano de obra y cargas sociales para ejecución de obras.			
----- UL -----				

Validez de la oferta	1 mes
Tiempo de entrega	6 meses (contempla fabricación + importación + instalación)
Garantía	1 año
Forma de pago	Según cada empresa o institución

Subtotal	\$ 53 240,00
IVA (13%)	\$ 6 921,20
Total	\$ 60 161,20

Se exceptúa garantía por manipulación o daños ocasionados por terceros, problemas generados por fallas en el sistema eléctrico del edificio que impacte de manera directa o indirecta a los equipos acá ofertados y catástrofe tanto climatológica como provocada por el ser humano (terremoto, incendio, corto circuito, vandalismo, entre otros).

ANEXO 15. Justificación de tamaño de tanque de almacenamiento



ANEXOS DE CÁLCULO DE DISEÑO.

TABLA DE PARAMETROS DE CALCULO.						
velocidad supuesta	Tiempo de Recorrido	Tiempo Entrada	Tiempo de Concentracion	Intendencia media	Caudal agua Lluvia	Velocidad Final
(m/s)	(min)	(min)	(min)	(lts/seg/ m2)	(L/s)	(m/s)
5	0,143	3,372	2,039	4,03	4,028	6,481
7,08	0,172	3,3	4,059	4,051	4,049	6,4856

Tramo 1	(Qlts/seg)
T1	0,503
T2	0,643
T3	0,728
	1,874
	0,62466667

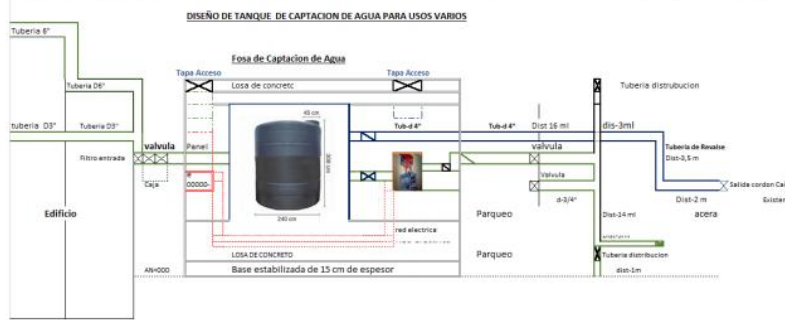
Tramo 1	(Q/ lts/seg)
T1	0,503
T2	2,97
T3	2,07
	5,543
	1,84766667

Tramo 1	(Q/ lts/seg)
T1	3,211
T2	4,218
T3	4,611
	12,04
	4,01333333

	(Q= lts/seg)
Tramo1-2-3	2,168
Pro/tramo	

Tabla de comparación de Costos de tres diseños comparativos propuestos y del porque se tomó la decisión por este tanque.

Itms	Descripcion	Capacidad	Costo unitario	Costo Total
Opcion 1	Tanque -losa -sistema Bombeo	12 ltrs	€ 42 217 116,00	€42 217 116,00
Opcion 2	Tanque -losa -sistema Bombeo	7500 lts	€ 30 326 318,99	€30 326 318,99
Opcion 3	Tanque -losa -sistema Bombeo	8000 lts	€ 37 116 415,00	€37 116 415,00
Opcion 4	Tanque de Concreto Impermeabilizado	12700 lts	€ 46 315 247,33	€46 315 247,33



En la tabla anterior se justifica el por qué se el diseño previsto, en cuanto a costos y funcionalidad. Escogió.

## ANEXO 16. Tabla de Factor K

Latitud = 10°

Inc	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1.03	1.02	1.01	.99	.98	.98	.98	.99	1.01	1.03	1.04	1.04
10	1.05	1.04	1.01	.98	.95	.94	.95	.98	1.01	1.04	1.06	1.07
15	1.07	1.04	1	.96	.92	.91	.92	.96	1.01	1.05	1.09	1.09
20	1.08	1.04	.99	.94	.88	.86	.88	.93	.99	1.06	1.1	1.11
25	1.09	1.04	.97	.9	.84	.81	.83	.89	.98	1.06	1.11	1.11
30	1.08	1.03	.95	.87	.79	.76	.78	.85	.95	1.05	1.11	1.12
35	1.08	1.01	.92	.82	.73	.7	.73	.81	.92	1.03	1.1	1.11
40	1.06	.99	.88	.77	.67	.63	.66	.76	.88	1	1.09	1.1
45	1.04	.95	.84	.72	.61	.56	.6	.7	.84	.97	1.07	1.08
50	1.01	.92	.79	.66	.54	.49	.53	.64	.79	.94	1.04	1.06
55	.97	.88	.74	.6	.46	.41	.45	.57	.73	.89	1	1.02
60	.93	.83	.68	.53	.39	.34	.38	.5	.67	.84	.96	.99
65	.89	.78	.62	.46	.31	.26	.3	.43	.61	.79	.91	.94
70	.83	.72	.55	.39	.23	.17	.22	.35	.54	.73	.86	.89
75	.78	.66	.49	.31	.15	.11	.14	.28	.47	.66	.8	.84
80	.72	.59	.41	.24	.11	.1	.09	.2	.39	.59	.74	.77
85	.65	.52	.34	.16	.1	.09	.09	.12	.32	.52	.67	.71
90	.58	.45	.27	.11	.09	.08	.08	.08	.24	.44	.6	.64

## Factores K, mayores para la inclinación

Latitud = 10°

Inc	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1.03	1.02	1.01	.99	.98	.98	.98	.99	1.01	1.03	1.04	1.04
10	1.05	1.04	1.01	.98	.95	.94	.95	.98	1.01	1.04	1.06	1.07
15	1.07	1.04	1	.96	.92	.91	.92	.96	1.01	1.05	1.09	1.09
20	1.08	1.04	.99	.94	.88	.86	.88	.93	.99	1.06	1.1	1.11
25	1.09	1.04	.97	.9	.84	.81	.83	.89	.98	1.06	1.11	1.11
30	1.08	1.03	.95	.87	.79	.76	.78	.85	.95	1.05	1.11	1.12
35	1.08	1.01	.92	.82	.73	.7	.73	.81	.92	1.03	1.1	1.11
40	1.06	.99	.88	.77	.67	.63	.66	.76	.88	1	1.09	1.1
45	1.04	.95	.84	.72	.61	.56	.6	.7	.84	.97	1.07	1.08
50	1.01	.92	.79	.66	.54	.49	.53	.64	.79	.94	1.04	1.06
55	.97	.88	.74	.6	.46	.41	.45	.57	.73	.89	1	1.02
60	.93	.83	.68	.53	.39	.34	.38	.5	.67	.84	.96	.99
65	.89	.78	.62	.46	.31	.26	.3	.43	.61	.79	.91	.94
70	.83	.72	.55	.39	.23	.17	.22	.35	.54	.73	.86	.89
75	.78	.66	.49	.31	.15	.11	.14	.28	.47	.66	.8	.84
80	.72	.59	.41	.24	.11	.1	.09	.2	.39	.59	.74	.77
85	.65	.52	.34	.16	.1	.09	.09	.12	.32	.52	.67	.71
90	.58	.45	.27	.11	.09	.08	.08	.08	.24	.44	.6	.64

ANEXO 17. Hoja de datos del panel fotovoltaico propuesto. Referencia Longi

# LR4-72HPH 420~440M

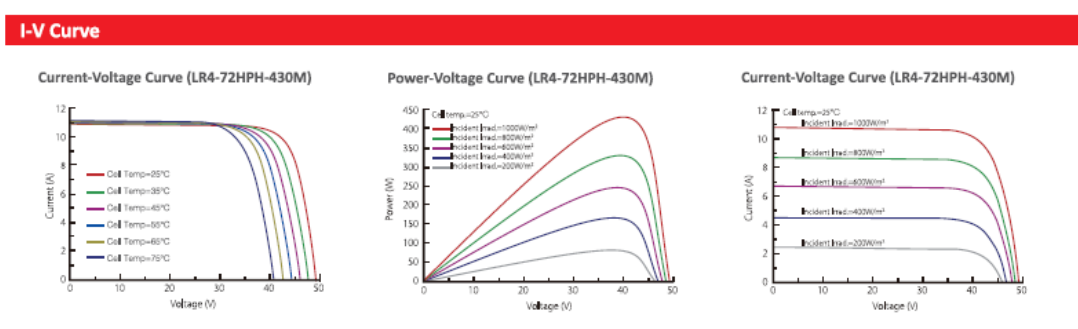
Design (mm)	Mechanical Parameters	Operating Parameters
	<p>Cell Orientation: 144 (6×24)</p> <p>Junction Box: IP68, three diodes</p> <p>Output Cable: 4mm<sup>2</sup>, 300mm in length, length can be customized</p> <p>Glass: Single glass 3.2mm coated tempered glass</p> <p>Frame: Anodized aluminum alloy frame</p> <p>Weight: 24 kg</p> <p>Dimension: 2115×1052×35mm</p> <p>Packaging: 30pcs per pallet 150pcs per 20'GP 660pcs per 40'HC</p>	<p>Operational Temperature: -40°C ~ +85°C</p> <p>Power Output Tolerance: 0 ~ +5 W</p> <p>Voc and Isc Tolerance: ±3%</p> <p>Maximum System Voltage: DC1500V (IEC/UL)</p> <p>Maximum Series Fuse Rating: 20A</p> <p>Nominal Operating Cell Temperature: 45±2°C</p> <p>Safety Class: Class II</p> <p>Fire Rating: UL type 1 or type 2</p>

Electrical Characteristics	Test uncertainty for Pmax: ±3%									
Model Number	LR4-72HPH-420M		LR4-72HPH-425M		LR4-72HPH-430M		LR4-72HPH-435M		LR4-72HPH-440M	
Testing Condition	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax/W)	420	311.1	425	314.8	430	318.5	435	322.2	440	326.0
Open Circuit Voltage (Voc/V)	48.8	45.5	49.0	45.7	49.2	45.9	49.4	46.1	49.6	46.3
Short Circuit Current (Isc/A)	11.04	8.90	11.11	8.95	11.19	9.02	11.26	9.08	11.33	9.13
Voltage at Maximum Power (Vmp/V)	40.2	37.1	40.4	37.3	40.6	37.5	40.8	37.7	41.0	37.9
Current at Maximum Power (Imp/A)	10.45	8.38	10.52	8.44	10.60	8.50	10.67	8.56	10.74	8.61
Module Efficiency(%)	18.9		19.1		19.3		19.6		19.8	

STC (Standard Testing Conditions): Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, Cell Temperature 25°C, Spectra at AM1.5  
 NOCT (Nominal Operating Cell Temperature): Irradiance 800W/m<sup>2</sup>, Ambient Temperature 20°C, Spectra at AM1.5, Wind at 1m/s

Temperature Ratings ( STC )	Mechanical Loading
Temperature Coefficient of Isc	Front Side Maximum Static Loading
Temperature Coefficient of Voc	Rear Side Maximum Static Loading
Temperature Coefficient of Pmax	Hailstone Test

+0.057%/°C      5400Pa  
 -0.286%/°C      2400Pa  
 -0.370%/°C      25mm Hailstone at the speed of 23m/s



**LONGI**

Room 801, Tower 3, Lujiazui Financial Plaza, No.826 Century Avenue, Pudong Shanghai, 200120, China  
 Tel: +86-21-80162606 E-mail: module@longi-silicon.com Facebook: www.facebook.com/LONGI Solar

Note: Due to continuous technical innovation, R&D and improvement, technical data above mentioned may be of modification accordingly. LONGI Solar have the sole right to make such modification at anytime without further notice; Demanding party shall request for the latest datasheet for such as contract need, and make it a consisting and binding part of lawful documentation duly signed by both parties.

ANEXO 18. Hoja de datos del inversor propuesto. Referencia SMA de 50 kW



## SUNNY TRIPOWER CORE1 33-US / 50-US / 62-US

SMP 33-US-1 / SMP 50-US-1 / SMP 62-US-1







**Fully integrated**

- Innovative design requires no additional racking for rooftop installation
- Integrated DC and AC disconnects and overvoltage protection
- 12 direct string inputs for reduced labor and material costs

**Increased power, flexibility**

- Multiple power ratings for small to large scale commercial PV installations
- Six MPPT trackers for flexible stringing and maximum power production
- ShadeFix, SMA's proprietary shade management solution, optimizes at the string level

**Enhanced safety, reliability**

- Integrated SunSpec PLC signal for module-level rapid shutdown, compliance to 2017 NEC
- Next-gen DC AFCI arc-fault protection certified to new Standard UL 1699B Ed. 1

**Smart monitoring, control, service**





- Advanced smart inverter grid support capabilities
- Increased ROI with SMA enexOS cross sector energy management platform
- SMA Smart Connected proactive O&M solution reduces time spent diagnosing and servicing in the field

## SUNNY TRIPOWER CORE1 33-US / 50-US / 62-US

It stands on its own

The Sunny Tripower CORE1 is the world's first free-standing PV inverter for commercial rooftops, carports, ground mount and repowering legacy solar projects. From distribution to construction to operation, the Sunny Tripower CORE1 enables logistical, material, labor and service cost reductions, and is the most versatile, cost-effective commercial solution available. Integrated SunSpec PLC for rapid shutdown and enhanced DC AFCI arc-fault protection ensure compliance to the latest safety codes and standards. With Sunny Tripower CORE1 and SMA's enexOS cross sector energy management platform, system integrators can deliver comprehensive commercial energy solutions for increased ROI.



General data			
Device dimensions (W/H/D)	621 mm / 733 mm / 569 mm [24.4 in x 28.8 in x 22.4 in]		
Device weight	84 kg (185 lbs)		
Operating temperature range	-25 °C...+60 °C (-13 °F...+140 °F)		
Storage temperature range	-40 °C...+70 °C (-40 °F...+158 °F)		
Audible noise emissions (full power @ 1m and 25 °C)	65 dB(A)		
Internal consumption at night	5 W		
Topology	Transformerless		
Cooling concept	OptiCool (forced convection, variable speed fans)		
Enclosure protection rating	Type 4X, 35X (as per UL 50E)		
Maximum permissible relative humidity (non-condensing)	100%		
Additional information			
Mounting	Free-standing with included mounting feet		
DC connection	Amphenol UTX PV connectors		
AC connection	Screw terminals - 4 AWG to 4/0 AWG CU/AL		
LED indicators (Status/Fault/Communication)	•		
Network interfaces: Ethernet/WLAN/RS485	• (2 ports) / • / ○		
Data protocols: SMA Modbus/SunSpec Modbus/Webconnect	• / • / •		
Multifunction relay	•		
ShadeFix technology for string level optimization	•		
Integrated Plant Control / Q on Demand 24/7	• / •		
Off-Grid capable / SMA Fuel Save Controller compatible	• / •		
SMA Smart Connected (proactive monitoring and service support)	•		
Certifications			
Certifications and approvals	UL 1741, UL 1699B Ed. 1, UL 1998, CSA 22.2 107-1, PV Rapid Shutdown System Equipment		
FCC compliance	FCC Part 15 Class A		
Grid interconnection standards	IEEE 1547, UL 1741 SA - CA Rule 21, HECO Rule 14H		
Advanced grid support capabilities	L/HVRT, L/HVRT, Volt-VAr, Volt-Watt, Frequency-Watt, Ramp Rate Control, Fixed Power Factor		
Warranty			
Standard	10 years		
Optional extensions	15 / 20 years		
○ Optional features    • Standard features    - Not available			
Type designation	STP 33-US-41                      STP 50-US-41                      STP 62-US-41		
Accessories			
 SMA Data Manager M EDMM-US-10	 SMA Sensor Module MD.SEN-US-40	 Universal Mounting System UMS_KIT-10	 AC Surge Protection Module Kit AC_SPD_KIT1-10, AC_SPD_KIT2_T1T2 DC Surge Protection Module Kit DC_SPD_KIT4-10, DC_SPD_KIT5_T1T2

Toll Free +1 888 4 SMA USA  
www.SMA-America.com

SMA America, LLC

Technical data	Sunny Tripower CORE1 33-US	Sunny Tripower CORE1 50-US	Sunny Tripower CORE1 62-US
<b>Input (DC)</b>			
Maximum array power	50000 Wp STC	75000 Wp STC	93750 Wp STC
Maximum system voltage		1000 V	
Rated MPP voltage range	330 V...800 V	500 V...800 V	550 V...800 V
MPPT operating voltage range		150 V...1000 V	
Minimum DC voltage / start voltage		150 V / 188 V	
MPP trackers / strings per MPP input		6 / 2	
Maximum operating input current / per MPP tracker		120 A / 20 A	
Maximum short circuit current per MPPT / per string input		30 A / 30 A	
<b>Output (AC)</b>			
AC nominal power	33300 W	50000 W	62500 W
Maximum apparent power	33300 VA	53000 VA	66000 VA
Output phases / line connections		3 / 3-(N)-PE	
Nominal AC voltage		480 V / 277 V WYE	
AC voltage range		244 V...305 V	
Maximum output current	40 A	64 A	80 A
Rated grid frequency		60 Hz	
Grid frequency / range		50 Hz, 60 Hz / -6 Hz...+6Hz	
Power factor at rated power / adjustable displacement		1 / 0.0 leading...0.0 lagging	
Harmonics THD		<3 %	
<b>Efficiency</b>			
CEC efficiency	97.5%	97.5%	97.5%
<b>Protection and safety features</b>			
Load rated DC disconnect		•	
Load rated AC disconnect		•	
Ground fault monitoring: Riso / Differential current		• / •	
DC AFCI arc-fault protection		•	
SunSpec PLC signal for rapid shutdown		•	
DC reverse polarity protection		•	
AC short circuit protection		•	
DC surge protection: Type 2 / Type 1+2		○ / ○	
AC surge protection: Type 2 / Type 1+2		○ / ○	
Protection class / overvoltage category (as per UL 840)		I / IV	

## ANEXO 19. Tabla 310.16. Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones nominales de 0 a 2000 voltios y 60° C a 90° C (140° F a 194° F).

**Tabla 310.16.** Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones nominales de 0 a 2000 voltios y 60° C a 90° C (140° F a 194° F). No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o tierra (enterrados directamente), basadas en una temperatura ambiente de 30° C (86° F).

Temperatura nominal del conductor [Véase la Tabla 310.13(A)]								
Calibre AWG o kcmil	60° C (140° F)	75° C (167° F)	90° C (194° F)	60° C (140° F)	75° C (167° F)	90° C (194° F)	Calibre AWG o kcmil	
	TIPOS TW, UF	TIPOS RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW- 2, THHN, THWN-2, USE- 2, THHW, THW-2, THWN- 2, USE-2, XHHW, XHHW- 2, ZW-2	TIPOS TW, UF	TIPOS RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THWN-2, USE-2, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHHW, XHHW-2, ZW-2		
						COBRE		
18	--	--	14	--	--	--	--	
16	--	--	18	--	--	--	--	
14*	20	20	25	--	--	--	--	
12*	25	25	30	20	20	25	12*	
10*	30	35	40	25	30	35	10*	
8	40	50	55	30	40	45	8	
6	55	65	75	40	50	60	6	
4	70	85	95	55	65	75	4	
3	85	100	110	65	75	85	3	
2	95	115	130	75	90	100	2	
1	110	130	150	85	100	115	1	
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0	
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0	
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0	
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0	
250	215	255	290	170	205	230	250	
300	240	285	320	190	230	255	300	
350	260	310	350	210	250	280	350	
400	280	335	380	225	270	305	400	
500	320	380	430	260	310	350	500	
600	355	420	475	285	340	385	600	
700	385	460	520	310	375	420	700	
750	400	475	535	320	385	435	750	
800	410	490	555	330	395	450	800	
900	435	520	585	355	425	480	900	
1000	455	545	615	375	445	500	1000	
1250	495	590	665	405	485	545	1250	
1500	520	625	705	435	520	585	1500	
1750	545	650	735	455	545	615	1750	
2000	560	665	750	470	560	630	2000	
FACTORES DE CORRECCIÓN								
Temp. Ambiente (° C)	Para temperaturas ambiente distintas de 30° C (86° F), multiplique las anteriores ampacidades permisibles por el factor correspondiente de los que se indican a continuación:						Temp. Ambiente (° F)	
21-25	1.08	1.05	1.04	1.08	1.05	1.04	70-77	
26-30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	78-86	
31-35	0.91	0.94	0.96	0.91	0.94	0.96	87-95	
36-40	0.82	0.88	0.91	0.82	0.88	0.91	96-104	
41-45	0.71	0.82	0.87	0.71	0.82	0.87	105-113	
46-50	0.58	0.75	0.82	0.58	0.75	0.82	114-122	
51-55	0.41	0.67	0.76	0.41	0.67	0.76	123-131	
56-60	--	0.58	0.71	--	0.58	0.71	132-140	
61-70	--	0.33	0.58	--	0.33	0.58	141-158	
71-80	--	--	0.41	--	--	0.41	159-176	


## ANEXO 20. Hoja de datos POWERPACK Tesla de 58 kW

### POWERPACK 2.5 SYSTEM

Tesla has been building integrated battery systems in cars for over 10 years. The same degree of expertise, quality control, and technological innovation has informed our process of developing high-performance energy storage systems.

The Powerpack System scales to the space, power and energy requirements of any site from 100 kWh+ to 100 MWh+.

Tesla offers a 10-year warranty at no additional cost. Extensions are also available under certain conditions.



Powerpack System includes an inverter and DC Battery Packs

#### FULLY INTEGRATED SYSTEM

A complete energy storage system including DC batteries, bi-directional inverter, and a Powerpack Controller with intelligent software. This turnkey system is designed to maximize savings and prolong battery life.

#### OPTIMIZATION SOFTWARE

Powerpack Systems have the most advanced battery technology and dispatch optimization software to quickly learn and predict a facility's energy patterns. Tesla's proprietary storage dispatch software can charge and discharge autonomously to maximize customer value.

#### ENHANCED SYSTEM SAFETY

Powerpack's battery architecture consists of a low voltage battery with a DC/DC converter for added electrical isolation and safety. It also has an integrated liquid cooling and heating system for thermal safety and enhanced performance and reliability.

#### APPLICATIONS



**PEAK SHAVING**  
Discharge at times of peak demand to reduce expensive demand charges



**EMERGENCY BACKUP**  
Powers a facility when the grid goes down



**CAPACITY FIRING**  
Smooth out the intermittency of renewables by storing and dispatching when needed



**LOAD SHIFTING**  
Shift energy consumption from one point in time to another



**MICROGRID**  
Build a localized grid that can disconnect from the main power grid



**TRANSMISSION AND DISTRIBUTION SUPPORT**  
Supply power at a distributed location to defer the need to upgrade aging infrastructure



**DEMAND RESPONSE**  
Discharge or charge in response to signals from a demand response administrator



**ANCILLARY SERVICES**  
Provide service to the grid in response to signals sent



## POWERPACK SPECIFICATIONS

- One Powerpack Unit includes 16 battery Pods
  - Each Pod has an isolated DC/DC converter and sensors to monitor cell level performance in real time
  - Standard configurations:
    - 4-hour discharge duration
    - 2-hour discharge duration
      - High Power Mode\*
      - Frequency Regulation Mode\*
      - Peak Power Mode\*
- \*Available under certain conditions



## INVERTER RATINGS

AC Voltage	400-480 VAC 3-phase
Nominal Frequency	50 or 60 Hz
Inverter Size (at 480 V)	Scalable up to 700 kVA

## POWERPACK RATINGS

Part Number	Configuration	Power/Energy <sup>1</sup>	Roundtrip <sup>1</sup> System
1083032-00-F	Peak Power <sup>2</sup>	130 kW / 180 kWh	84.5%
	High Power	100 kW / 174 kWh	86.0%
	2 hr	90 kW / 180 kWh	87.5%
1083031-00-E	4 hr	55 kW / 220 kWh	89.5%
	Peak Power <sup>2</sup>	130 kW / 186 kWh	83.5%
1490027-XX-Y <sup>3</sup>	High Power	118 kW / 169 kWh	85.5%
	2 hr	90 kW / 176 kWh	88.0%
1490028-XX-Y <sup>3</sup>	2 hr	111.5 kW / 223 kWh	85.5%
1490025-XX-Y <sup>3</sup>	4 hr	58 kW / 232 kWh	89.5%

Note: All ratings provided are AC and factor in all parasitic loads.

<sup>1</sup> Net energy delivered at 25°C (77°F) including thermal control

<sup>2</sup> Represents frequency regulation and peak power options, available under certain conditions

<sup>3</sup> Where X is a digit between 0 and 9, and Y is a letter

## COMMUNICATIONS

Protocol	Modbus TCP DNP3 Rest API
----------	--------------------------------

## MECHANICAL AND MOUNTING

Enclosure	IP67 (Pod) NEMA 3R / IP35 (Powerpack) NEMA 4 / IP66 (Inverter)
-----------	--

Powerpack Unit Dimensions	L: 1317 mm (50.9 in) W: 968 mm (38.1 in) H: 2187 mm (86.1 in)
---------------------------	---

Powerpack Unit Max Shipped Weight	2199 kg (4847 lbs)
-----------------------------------	--------------------

Inverter Dimensions	L: 1044 mm (41.1 in) W: 1394 mm (54.9 in) H: 2101 mm (82.2 in)
---------------------	--

Inverter Max Shipped Weight	1120 kg (2470 lbs)
-----------------------------	--------------------

Operating Ambient Temperature	-30°C to 50°C (-22°F to 122°F)
-------------------------------	--------------------------------

## REGULATORY

Lithium-Ion Cells	NRTL listed to UL 1642
-------------------	------------------------

System	NRTL listed to UL 1073, 9540, 1741 SA IEEE 1547 Compliant to grid codes and safety standards of all major markets. Full list provided upon request.
--------	---

## ANEXO 21. Respuesta sobre capacidad de circuito para instalación del proyecto

**Fernández Vásquez Raúl** <rfernandez@cnfl.go.cr>

jue, 23 jul 2020 6:48



para mí ▾

Saludos Adrián

Le debía un dato. El circuito Colima-Barrio Dent tiene una disponibilidad de potencia para generación distribuida de 780 kW al día de hoy por lo que desde el punto de vista de capacidad del circuito no hay inconvenientes para el proyecto.

**Raúl**✉ [rfernandez@cnfl.go.cr](mailto:rfernandez@cnfl.go.cr)**Fernández Vásquez**

☎ 2295-5683

Área Planificación del Sistema de  
Distribución🖱 [www.cnfl.go.cr](http://www.cnfl.go.cr)

f cnflcr

t cnfl

📞 8319-5273



## ANEXO 22. Estudio de corriente de corto circuito Colima –Barrio Dent del MTSS



Área Control de Calidad de la Energía  
Teléfono: 2295-1060  
Fax: 2221-9929

**Solicitante:** Adrián Cordero

**Correo electrónico:** adrian.cordero@mtss.go.cr

**Proyecto:** MTSS

**Fecha solicitud:** 22 de noviembre del 2019.

**Lugar:** Barrio Tournón, San José

En la figura siguiente se observa el área del estudio y el alimentador que influencia el mismo. En la tabla 1 se indican los valores de corriente de corto circuito para el sector mostrado; la tensión de servicio de la sección señalada es 34.5 kV



Tabla 1. Datos de corriente de corto circuito al 25/11/2019.

Punto de alimentación	Alimentador	Tensión de servicio (kV)	Corriente de corto (A)		$R_1 + jX_1$ ( $\Omega$ )	$R_0 + jX_0$ ( $\Omega$ )
			LLL	LT		
1	Colima – Barrio Dent	34.5	5274.71	3955.07	0.854+j3.678	1.773+j7.345

**Notas**

$X_1$  es la reactancia de secuencia positiva.

$R_1$  es la resistencia de secuencia positiva.

$R_0$  es la resistencia de secuencia cero.

$X_0$  es la reactancia de secuencia cero.

**NOTA: EL ÁREA DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ES QUIEN AUTORIZA E INDICA EL PUNTO DE CONEXIÓN DE ACUERDO A LA DISPONIBILIDAD DE SERVICIO. EL PUNTO SEÑALADO EN ESTE DOCUMENTO NO DETERMINA NI AUTORIZA EL PUNTO DE CONEXIÓN DEL SERVICIO.**

