



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ciencias Matemáticas

Escuela Profesional de Investigación Operativa

Minimización de costos en el proyecto: “Remodelación del sistema de iluminación en los estacionamientos de un edificio multifamiliar”

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Licenciada en Investigación Operativa

AUTOR

Katerine Franccesca OBREGON ASTO

ASESOR

Mg. Miky Gerónimo ORTIZ RAMÍREZ

Lima, Perú

2021



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Obregon, K. (2021). *Minimización de costos en el proyecto: “Remodelacion del sistema de iluminación en los estacionamientos de un edificio multifamiliar”*. [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Matemáticas, Escuela Profesional de Investigación Operativa]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Katerine Francческа Obregon Asto
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	75309058
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-7536-1300
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Miky Gerónimo Ortiz Ramírez
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	25796803
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-2090-4544
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Carmela Catalina Velásquez Pino
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09078631
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Paulo Cesar Olivares Taipe
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	10288397
Datos de investigación	
Línea de investigación	A.3.3.1. Optimización Matemática
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	Universidad Nacional Mayor de San Marcos País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Lima Coordenadas geográficas Latitud: -12.058333 Longitud: -77.083333

Año o rango de años en que se realizó la investigación	Junio 2021 - Octubre 2021
URL de disciplinas OCDE	Matemáticas aplicadas https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.01.02



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú. Decana de América
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INVESTIGACIÓN OPERATIVA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL EN LA MODALIDAD
VIRTUAL PARA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO(A) EN
INVESTIGACIÓN OPERATIVA
PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL 2021-I

En Lima, siendo las 10:00 horas del sábado 02 de octubre del 2021, se reunieron los docentes designados como Miembros del Jurado del Trabajo de Suficiencia Profesional (PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL 2021-I): Mg. Carmela Velásquez Pino (PRESIDENTA), Mg. Paulo Cesar Olivares Taipe (MIEMBRO) y el Mg. Miky Gerónimo Ortiz Ramírez (MIEMBRO ASESOR), para la sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional titulado: “MINIMIZACIÓN DE COSTOS EN EL PROYECTO: “REMODELACION DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN EN LOS ESTACIONAMIENTOS DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR”, presentado por la señorita Bachiller Katerine Franccesca Obregon Asto, para optar el Título Profesional de Licenciada en Investigación Operativa.

Luego de la exposición del trabajo de suficiencia, la Presidenta invitó a la expositora a dar respuesta a las preguntas formuladas.

Realizada la evaluación correspondiente por los miembros del Jurado Evaluador, la expositora mereció la aprobación SOBRESALIENTE, con un calificativo promedio de 17.

A continuación, los miembros del Jurado dan manifiesto que la participante Bachiller Katerine Franccesca Obregon Asto que ha Aprobado el Trabajo de Suficiencia Profesional.

Siendo las 10:30 horas se levantó la sesión firmando para constancia la presente Acta.

Mg. Carmela Velásquez Pino
PRESIDENTA

Mg. Paulo Cesar Olivares Taipe
MIEMBRO

Mg. Miky Gerónimo Ortiz Ramírez
MIEMBRO ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú. Decana de América
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INVESTIGACIÓN OPERATIVA

TABLA DE CALIFICACIONES

BACHILLER: OBREGON ASTO KATERINE FRANCCESCA

APROBADO {
Regular : 11, 12, 13
Bueno : 14, 15, 16
Sobresaliente : 17, 18
Sobresaliente
Con mención : 19, 20

DESAPROBADO {
De : 0 a 10

NOTA: 17

Mg. Carmela Velásquez Pino
PRESIDENTA



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú. Decana de América
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INVESTIGACIÓN OPERATIVA

TABLA DE CALIFICACIONES

BACHILLER: OBREGON ASTO KATERINE FRANCCESCA

APROBADO {
Regular : 11, 12, 13
Bueno : 14, 15, 16
Sobresaliente : 17, 18
Sobresaliente
Con mención : 19, 20

DESAPROBADO {
De : 0 a 10

NOTA: 17

Mg. Paulo Cesar Olivares Taipe
MIEMBRO



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú. Decana de América
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INVESTIGACIÓN OPERATIVA

TABLA DE CALIFICACIONES

BACHILLER: OBREGON ASTO KATERINE FRANCCESCA

APROBADO

Regular : 11, 12, 13

Bueno : 14, 15, 16

Sobresaliente : 17, 18

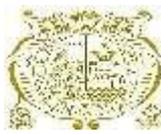
**Sobresaliente
Con mención : 19, 20**

DESAPROBADO

De : 0 a 10

NOTA: 17

Mg. Miky Gerónimo Ortiz Ramírez
MIEMBRO ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú. Decana de América

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INVESTIGACIÓN OPERATIVA

INFORME DE EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD

La Directora de la Escuela Profesional de Investigación Operativa, Mg. Carmela Catalina Velásquez Pino, informa lo siguiente:

1. Operador del programa informático de similitudes: Mg. Paulo César Olivares Taipe

Documento evaluado: MINIMIZACIÓN DE COSTOS EN EL PROYECTO: "REMODELACION DEL SISTEMA DE ILUMINACION EN LOS ESTACIONAMIENTOS DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR"

2. Autor de la tesis: OBREGON ASTO KATERINE FRANCCESCA
3. Fecha de recepción de la tesis: 30 de octubre 2021
4. Fecha de aplicación del programa informático de similitudes: 31 de octubre 2021
 - Software utilizado: Turnitin
5. Configuración del programa detector de similitudes:
 - Excluye textos entrecomillados
 - Excluye bibliografía
 - Excluye cadenas menores a 40 palabras
6. Porcentaje de similitudes según programa detector de similitudes: 0%
7. Fuentes originales de las similitudes encontradas:
 - Fuentes de internet:0%
 - Publicaciones: 0%
 - Trabajos de estudiantes:1%
8. Calificación de originalidad:
 - El documento mencionado cumple criterios de originalidad, sin observaciones

Lima, 8 noviembre del 2021



Firmado digitalmente por
VELASQUEZ PINO Carmela
Catalina FAU 20148092282 soft
Motivo: Doy V° B°
Fecha: 07.11.2021 15:32:46 -05:00

Mg. Carmela Catalina Velásquez Pino
Directora

DEDICATORIA

A mis padres Laura y Elipio, quienes se esforzaron día tras día para brindarnos, a mis hermanos y a mí, la educación que tenemos; pero sobre todo por su apoyo y amor incondicional.

A mi abuela Sabina, por ser el pilar fundamental en mi vida y siempre creer en mí.

A mis hermanos y sobrinos, quienes son mi mayor motivación.

RESUMEN

MINIMIZACIÓN DE COSTOS EN EL PROYECTO: REMODELACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN EN LOS ESTACIONAMIENTOS DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR

KATERINE FRANCCESCA OBREGON ASTO

Octubre 2021

Asesor : Mg. Miky Gerónimo Ortiz Ramírez

Título obtenido : Licenciada en Investigación Operativa

El presente trabajo de suficiencia profesional aborda la problemática que viene generándose en la empresa Corporación MKDJ & Logística Técnicos Industriales S.A.C, quienes han venido teniendo contratiempos durante la fase de aprobación de presupuestos, ya que muchos de los clientes consideran que estos tienen costos elevados. Es así que se seleccionó el proyecto “Remodelación del sistema de iluminación en los estacionamientos de un edificio multifamiliar” para poder determinar el costo mínimo por la remodelación en los dos estacionamientos manteniendo el flujo luminoso requerido.

El tipo de investigación desarrollada fue básica proyectiva con diseño no experimental, la técnica aplicada fue la observación; para la recolección de los datos se utilizó como instrumento la ficha de observación, para su posterior análisis y formulación de nuestro modelo de programación lineal entera binaria la cual se ejecutó en el software LINGO (LINear Generalize Optimizer) obteniendo un costo total de S/ 3045.60 por la remodelación y la cantidad óptima de luminarias a instalar, para el caso del estacionamiento n°1 deben instalarse 14 y en el estacionamiento n°2 deben instalarse 16 luminarias.

Palabras clave: Programación lineal entera binaria, costo, sistema de iluminación, luminarias, flujo luminoso.

ABSTRACT

MINIMIZATION OF COSTS IN THE PROJECT: REMODELING OF THE LIGHTING SYSTEM IN THE PARKING LOTS OF A MULTIFAMILY BUILDING

KATERINE FRANCCESCA OBREGON ASTO

Octubre 2021

Adviser : Mg. Miky Gerónimo Ortiz Ramírez

Degree obtained : Licenciada en Investigación Operativa

The present work of professional sufficiency deals with the problems that have been generated in the company Corporación MKDJ & Logística Técnicos Industriales SAC, who have been having setbacks during the budget approval phase since many projects have been rejected by clients who consider that these have high costs. Thus, the project "Remodeling of the lighting system in the parking lots of a multifamily building" was selected in order to determine the minimum cost of remodeling in the 2 parking lots while maintaining the required luminous flux.

The type of research developed was basic projective with a non-experimental design, the applied technique was observation and the observation sheet was used as an instrument for data collection for subsequent analysis and formulation of our linear programming model of binary integers that is ran in the LINGO software (LINear Generalize Optimizer) .

Obtaining a total cost of S / 3045.60 for the remodeling and the optimal number of luminaires to be installed, in the case of parking lot number 1, 14 luminaires must be installed and for parking number 2, 16 luminaires must be installed.

Keywords: binary integer linear programming, cost, lighting system, luminaires, luminous flux

CONTENIDO

FICHA CATALOGRÁFICA.....	i
DEDICATORIA	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT.....	iv
CONTENIDO	v
CAPITULO I: INTRODUCCION.....	1
CAPITULO II: INFORMACION DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLO LA ACTIVIDAD	3
2.1. Datos de la institución donde se desarrolló la actividad:	3
CAPITULO III: DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD.....	4
3.1. Organización de la actividad	4
3.2. Finalidad de la actividad	7
3.3. Objetivos de la actividad.....	7
3.3.1. Objetivo general:	7
3.3.2. Objetivos específicos:	7
3.4. Problemática.....	8
3.4.1. Formulación del problema	11
3.5. Metodología y procedimientos.....	11

3.5.1.	Tipo de investigación	11
3.5.2.	Nivel o Alcance	12
3.5.3.	Diseño de investigación	12
3.5.4.	Variable	12
3.5.5.	Justificación.....	13
3.5.6.	Delimitación	13
3.5.7.	Viabilidad	14
3.5.8.	Técnica:	14
3.5.9.	Instrumento.....	14
3.5.10.	Herramientas	15
3.5.11.	Procedimientos	15
3.5.12.	Descripción de resultados.....	19
CAPITULO IV: CONCLUSIONES		37
CAPITULO V: RECOMENDACIONES		39
CAPITULO VI: BIBLIOGRAFIA		40
CAPITULO VII: ANEXOS		41

CAPITULO I: INTRODUCCION

En la actualidad el sector servicios es uno de los más influyentes en el desarrollo de nuestra economía es así que representa el 47.8 % del PBI, generando una gran fuente de trabajo. (Banco central de Reserva del Perú, 2021)

Esto conlleva a que exista una gran competitividad entre las empresas de este sector, las cuales se pueden ver afectadas por diferentes factores como los macroeconómicos, sociales y políticos los cuales influyen en el destino de estas, pero lo que marcará la diferencia entre una y otra será la capacidad de ser más competitiva desde sus factores internos. (Córdoba Segovia & Moreno Moncayo, 2017)

Este es el caso de Corporación MKDJ & Logística Técnicos Industriales S.A.C, quien desde sus inicios se planteó la visión de ser una empresa reconocida por su eficiencia, calidad de servicio, costos y profesionalismo; el cual se ha visto distorsionado durante los últimos años reflejándose directamente en las ventas anuales esto debido a los problemas durante la fase de aprobación de presupuesto al ser considerados estos con altos costos por el cliente.

Motivo por el cual se seleccionó uno de los proyectos del área de operaciones, en este caso referente a la “Remodelación del sistema de iluminación en los estacionamientos de un edificio multifamiliar” en el cual se quiere determinar el costo mínimo por la remodelación de los 2 estacionamientos obteniendo la cantidad de luminarias a instalar manteniendo el flujo luminoso requerido.

Para el desarrollo del trabajo se aplicó la programación lineal entera, la cual es una técnica de optimización matemática, por técnica de optimización, se concibe la idea de un método que intenta maximizar o minimizar un objetivo establecido sujeto a ciertos recursos. (Budnick, 2007) .

Lo que se busca aportar a la empresa con el desarrollo de este trabajo es brindar una alternativa al área de proyectos para la elaboración de presupuestos mediante la aplicación de herramientas de la investigación operativa que nos ayudan a brindar soluciones óptimas.

El presente trabajo se organizó en los siguientes capítulos:

En el capítulo 1, Es referente a la introducción del presente trabajo indicando la importancia de nuestra variable de estudio, objetivo del trabajo y su aporte en la empresa.

En el capítulo 2, Veremos la información principal de la empresa donde se ha desarrollado el trabajo.

En el capítulo 3, Se encuentra detallada la descripción de la actividad junto a sus demás componentes como organización, finalidad, objetivos, problemática, metodología aplicada y los resultados del presente trabajo

En el capítulo 4, Se detallan las conclusiones a las cuales se llegó con los resultados.

En el capítulo 5, Las recomendaciones para la empresa tras los resultados obtenidos.

En el capítulo 6, Las bibliografías utilizadas para la elaboración de nuestro trabajo.

En el capítulo 7, Encontraremos los anexos en los cuales se han adjuntado fichas utilizadas.

CAPITULO II: INFORMACION DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLO LA ACTIVIDAD

2.1. Datos de la institución donde se desarrolló la actividad:

- Nombre comercial: MKDJ S.A.C
- Razón social: CORPORACIÓN MKDJ & LOGISTICA TECNICOS INDUSTRIALES S.A.C
- RUC: 20602241972
- Periodo de duración: Desde junio hasta octubre del 2021
- Finalidad y objetivos de la Entidad:

Brindar asesoramiento en la elaboración y ejecución de proyectos de ingeniería eléctrica, electrónica, civil y metalmecánica. Asimismo, la comercialización y distribución de equipos eléctricos y electrónicos cumpliendo las necesidades y expectativas de nuestros clientes de manera efectiva y responsable con la seguridad, la salud y el medio ambiente.

Visión:

Ser una empresa líder a nivel nacional en la elaboración y ejecución de todo tipo de proyectos reconocida por nuestra eficiencia, calidad de servicio, costos y profesionalismo, manteniendo la mejora continua de nuestros procesos.

- Dirección postal: 07041
- Correo electrónico: serv.cltisac@gmail.com

CAPITULO III: DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD

3.1.Organización de la actividad

Corporación MKDJ & Logística Técnicos Industriales S.A.C es una pequeña empresa con más de 4 años en el mercado nacional, dedicada a la prestación de bienes y servicios generales, inició sus operaciones teniendo como actividad principal el mantenimiento de instalaciones eléctricas y a lo largo de estos años ha ampliado su catálogo de servicios desarrollando proyectos de ingeniería civil, electrónica, limpieza de oficinas, importación y exportación de repuestos mecánicos.

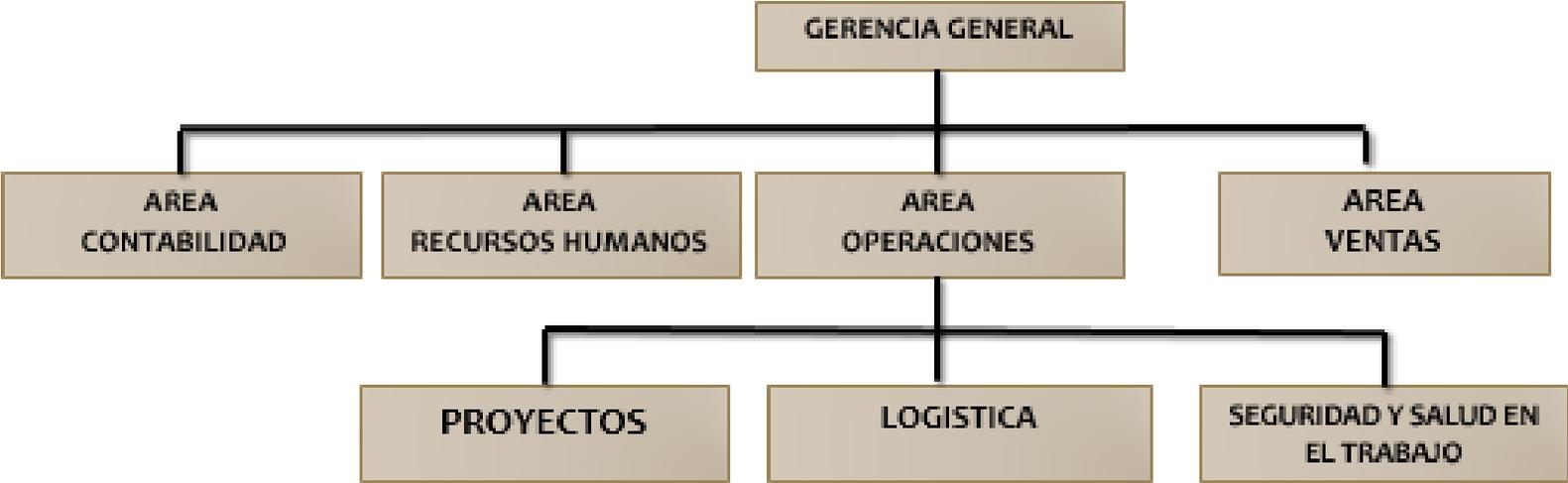
La empresa está organizada en 4 áreas tales como contabilidad, recursos humanos, operaciones y ventas, todas estas lideradas por la gerencia general. Actualmente cuenta con 10 colaboradores de vínculo laboral y 5 de vinculo civil.

Dentro de los principales servicios ejecutados por MKDJ S.A.C. se encuentran los siguientes:

- Fabricación, instalación y mantenimiento de tableros eléctricos en general.
- Instalaciones eléctricas cableado y estructurado.
- Sistema de medición de pozo a Tierra.
- Instalación y mantenimiento de equipos eléctricos.
- Mantenimiento de equipos de Aire acondicionado.
- Servicio en madera y melanina.
- Sistema Drywall.
- Limpieza de oficinas.

Figura 1

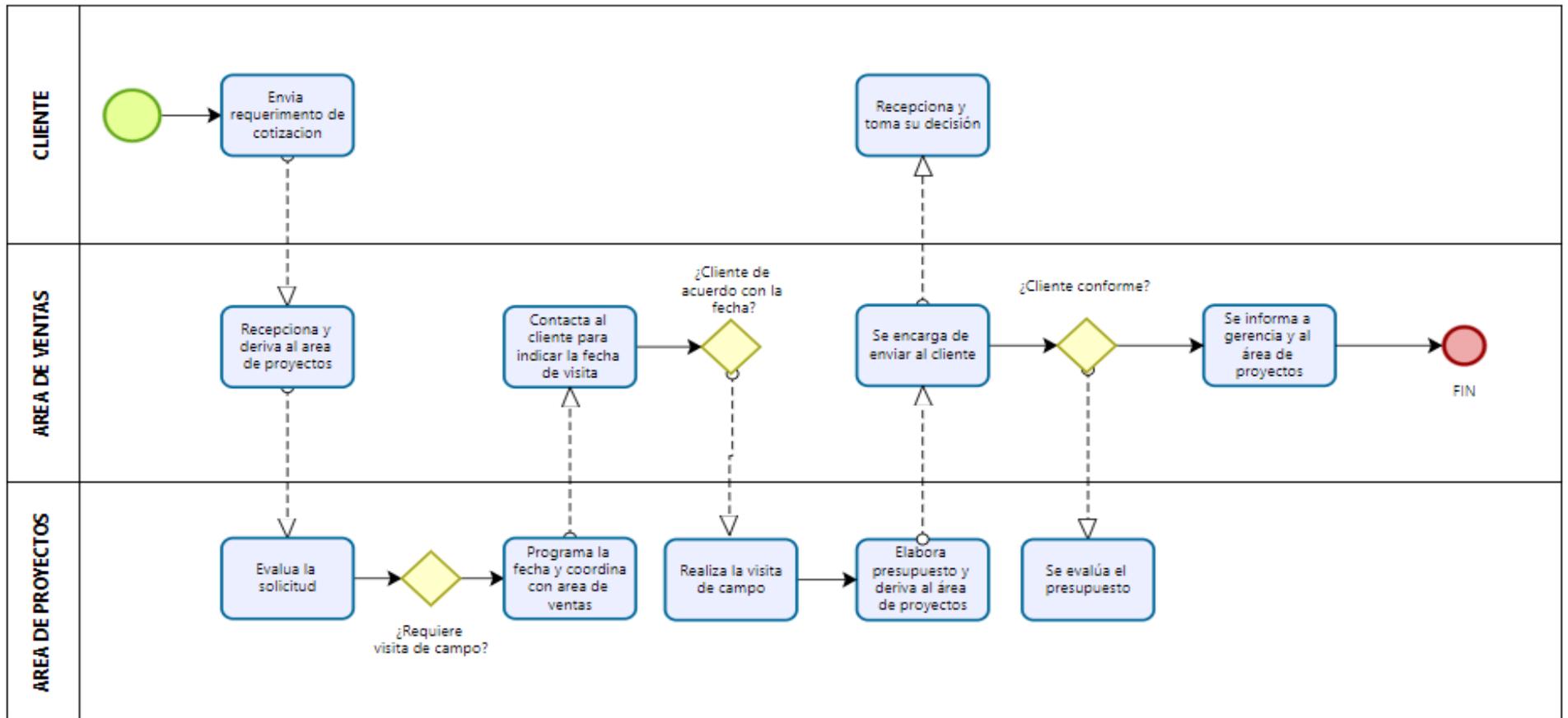
Organigrama de MKDJ S.A.C



Nota: Elaboración propia

Figura 2

Proceso elaboración de proyecto



Nota: El gráfico representa el desarrollo del proceso de un proyecto desde la solicitud de requerimiento del cliente hasta la aprobación del presupuesto por parte de él. Elaboración propia

3.2.Finalidad de la actividad

La finalidad del trabajo es presentarle al área de proyectos una propuesta económica por la remodelación del sistema de iluminación en los estacionamientos del edificio multifamiliar aplicando herramientas de la Investigación Operativa.

3.3.Objetivos de la actividad

El presente TSP tiene como objetivos:

3.3.1. Objetivo general:

- Determinar el costo mínimo por la distribución óptima de luminarias en la remodelación del sistema de iluminación en los estacionamientos del edificio multifamiliar.

3.3.2. Objetivos específicos:

Los objetivos específicos son:

- Determinar la cantidad óptima de luminarias a instalar en los estacionamientos del edificio multifamiliar.
- Determinar en cuanto se reduciría el costo de consumo eléctrico mensual en comparación a lo que se consume actualmente.
- Seleccionar el tipo de luminaria para un flujo luminoso óptimo.

3.4.Problemática

En la actualidad el sector servicios se encuentra dentro de los más influyentes en el desarrollo de nuestra economía, es así que según el último reporte emitido en mayo por el BCRP indica que el PBI global creció en 47.8% a comparación del 2020, del cual el PBI no primario aumento en un 52.7% principalmente por el crecimiento de servicios, construcción y comercio. Dentro del cual el sector servicios representa el 30.3%, registrando mayores actividades de los servicios brindados por profesionales, científicos y técnicos (Banco central de Reserva del Perú, 2021).

Motivo por el cual el decline de las empresas de este rubro afectaría en gran porcentaje el desarrollo de nuestra economía, puesto que también influiría en el ámbito laboral ya que aporta el 48% del empleo formal. (Insituto Nacional de Estadistica e Informatica, 2021)

Figura 3

Producto Bruto Interno comparación mayo 2020-2021

(Var. % anual)

	Peso 2020 ^{1'}	Mayo		Enero-Mayo	
		2021/2019	2021/2020	2021/2019	2021/2020
PBI Primario	23,1	-3,6	34,7	-2,4	13,5
Agropecuario	6,4	0,7	-4,0	1,5	-2,2
Pesca	0,5	8,6	102,4	11,6	67,3
Mineria metálica	8,8	-8,5	82,5	-5,6	24,6
Hidrocarburos	1,5	-15,4	6,7	-16,5	-10,6
Manufactura primaria	3,6	4,9	50,0	7,7	25,2
PBI No Primario	76,9	0,7	52,7	-0,2	21,6
Manufactura no primaria	8,4	1,5	108,2	1,9	45,5
Electricidad, agua y gas	2,0	0,4	28,2	0,4	12,4
Construcción	5,6	20,5	257,0	19,9	102,2
Comercio	10,2	2,9	104,1	-5,1	31,0
Servicios	50,7	-1,9	30,3	-1,8	11,3
PBI Global	100,0	-0,4	47,8	-0,7	19,7

Nota: El gráfico muestra el porcentaje del PBI en los distintos sectores, para nuestros fines indica que el sector servicios representa el 30.3%. Tomado de *Resumen informativo mensual*, por Banco central de Reserva del Perú, 2021.

Corporación MKDJ & Logística Técnicos Industriales S.A.C. es una empresa con más de 4 años en el mercado nacional, dedicada a la prestación de bienes y servicios generales. A lo largo de este tiempo ha ampliado su catálogo desarrollando proyectos de ingeniería civil, electrónica, limpieza de oficinas, importación y exportación de repuestos mecánicos.

Actualmente viene a travesando unos problemas que se dieron a notar tras la última reunión mensual en la cual se pudo verificar que varios proyectos se encuentran estancados durante la fase de aprobación presupuestal, debido a que para la mayoría de los clientes el costo les parecía elevado lo que conlleva a que se tenga que volver a realizar el análisis para la elaboración de estos, generando pérdidas en base al tiempo y costos del personal asignado para la realización. Adicional genera un malestar en el cliente actual puesto que se deja en pausa el proyecto que se viene realizando para priorizar el proyecto anterior dado que se cuenta con personal limitado para esas funciones.

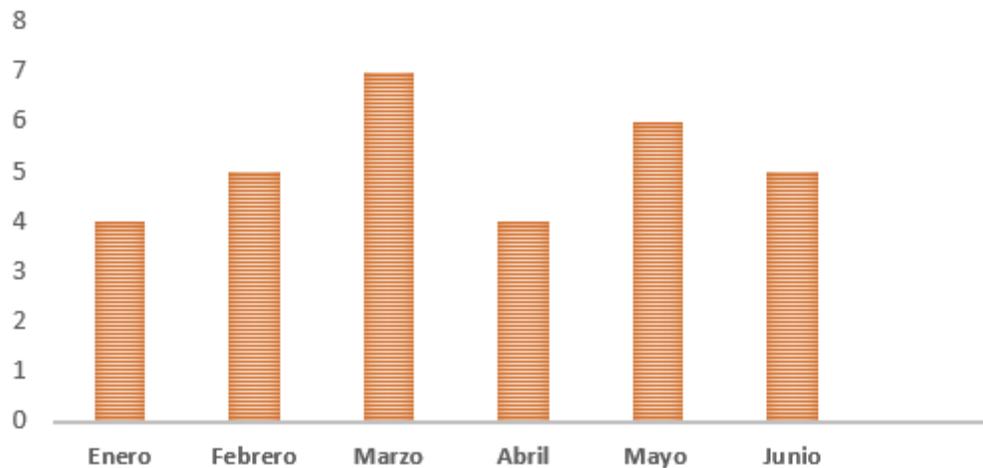
Una de las posibles causas es que el área de proyectos se limita a elaborar los presupuestos de forma empírica, sin poder verificar si el resultado obtenido es el óptimo lo cual influye directamente en el cálculo del presupuesto final.

De seguir con esta situación lo que podría suceder es que los ingresos de la empresa vayan disminuyendo poco a poco, se tenga que contratar personal adicional para poder cubrir con la entrega de los presupuestos en el tiempo estimado generando un costo adicional y lo más importante es que no se estaría alineando a la visión de la empresa en ser un líder a nivel nacional reconocida por su eficiencia, calidad de servicio, costos y profesionalismo.

Por lo cual se seleccionó un proyecto del área de operaciones, en este caso referente a la “Remodelación del sistema de iluminación en los estacionamientos de un edificio multifamiliar” y poder determinar el costo mínimo por la remodelación en los 2 estacionamientos.

Figura 4

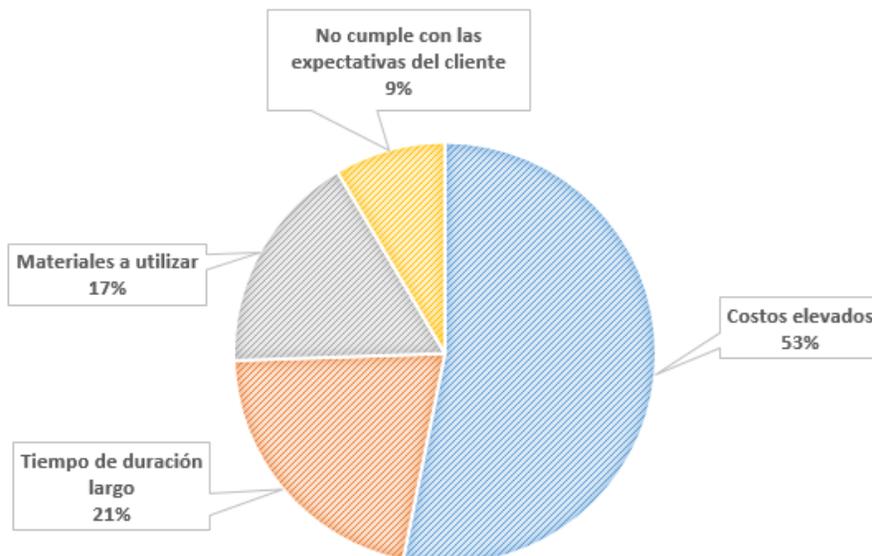
Cantidad de presupuestos revisados más de 1 vez durante el 2021



Nota: En el gráfico se puede visualizar la cantidad de presupuestos que han sido revisados nuevamente durante cada mes, es así que marzo fue el mes en que más presupuestos fueron revisados. Elaboración propia con datos de MKDJ S.A.C

Figura 5

Principales motivos de rechazo en los presupuestos



Nota: En el gráfico se identifica que el motivo más frecuente de rechazo en primera instancia por el cliente es el referente a “costos elevados” el cual representa el 53%, seguido por “tiempo de duración largo” con un 21%. Elaboración propia con datos de MKDJ S.A.C

3.4.1. Formulación del problema

Luego de analizar la problemática se plantearon las siguientes preguntas:

Pregunta principal:

- ¿Cuál el costo mínimo por la distribución óptima de luminarias en la remodelación del sistema de iluminación en los estacionamientos del edificio multifamiliar?

Preguntas específicas:

- ¿Cuál será la cantidad óptima de luminarias a instalar en los estacionamientos del edificio multifamiliar?
- ¿En cuánto se reduciría el costo de consumo eléctrico mensual en comparación a lo que se consume actualmente?
- ¿Qué tipo de luminaria sería recomendable de tal manera que se pueda mantener el flujo luminoso óptimo?

3.5. Metodología y procedimientos

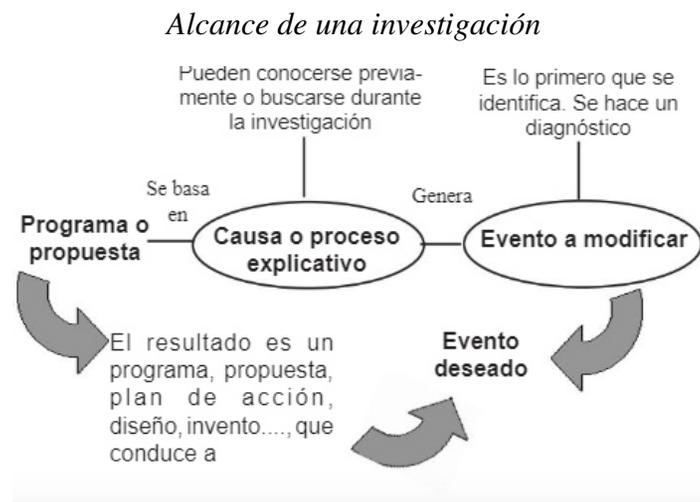
3.5.1. Tipo de investigación

El presente trabajo es clasificado según el objeto de estudio como investigación básica, puesto que se tiene como principal objetivo la obtención de incrementar conocimientos sin tener en cuenta su aplicabilidad. (Nicomedes Teodoro, 2018).

3.5.2. Nivel o Alcance

Según su objetivo general es de tipo proyectiva, dado que este TSP aborda un tema específico y será presentado como una propuesta de alternativa a la empresa ante la problemática existente. (Hurtado de Barrera, 2012)

Figura 6



Nota: Tomado de *El proyecto de investigación comprensión holística de la metodología y la investigación*, por Hurtado de Barrera, 2012, Ediciones Quiron.

3.5.3. Diseño de investigación

El trabajo se encuentra dentro del diseño de investigación no experimental puesto que los fenómenos o situaciones se dan en su ambiente natural sin la manipulación de las variables. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014)

3.5.4. Variable

La variable de investigación en el presente trabajo está relacionada al costo, en este caso referente a la remodelación del sistema de iluminación, enfocándonos en la cantidad óptima de luminarias a distribuir en los estacionamientos del edificio multifamiliar.

3.5.5. Justificación

La constante demora en la aprobación de los presupuestos emitidos por el área de proyectos es el motivo por el cual se decidió llevar a cabo este trabajo el cual tiene como finalidad poder presentar una propuesta económica mediante la aplicación de herramientas de la investigación operativa, y poder beneficiar con esto a:

- La empresa, puesto que al presentar presupuestos económicos en base a soluciones óptimas y al no tener estos costos elevados generara un mayor impacto de atracción lo cual aumentara nuestra cartera de clientes.
- Los clientes, porque se les podrá presentar presupuestos económicos en base a resultado óptimos siendo estos una alternativa para ellos que nos les generen costos elevados.
- Al área de proyectos dado que se ampliará la lista de alternativas de herramientas a utilizar para la elaboración de presupuestos.

3.5.6. Delimitación

El presente trabajo se encuentra delimitado respecto a los siguientes aspectos:

- Tiempo: El desarrollo se llevó a cabo desde el 01 junio hasta el 20 de setiembre del 2021
- Espacio: El lugar de desarrollo del presente trabajo es en los estacionamientos del Edificio Multifamiliar.

3.5.7. Viabilidad

Para llevar a cabo el desarrollo del presente trabajo se contó con el apoyo de las diferentes áreas involucradas en el proceso tales como la de ventas quienes facilitaron los correos que se tuvieron con los clientes, el personal del área de proyectos quienes explicaron el procedimiento que tienen al momento de la elaboración de los presupuestos.

3.5.8. Técnica:

En el desarrollo del presente trabajo se usó la siguiente técnica:

- Análisis documental, ya que se extrajo la información desde nuestra fuente primaria la cual fueron los correos entre el área de ventas y los clientes.
- Observación, dado que se tuvo que ir al edificio del cliente para recabar la información mediante la aplicación de nuestro instrumento.

3.5.9. Instrumento

Para la recopilación de la información se utilizó la ficha de recolección de datos y la ficha de observación, la cual se adjunta en los Anexos.

- Ficha de recolección de datos, se utilizó para extraer la información sobre los proyectos entre el área de ventas y los clientes
- Ficha observación, la cual se completará con las principales características del área de trabajo.

3.5.10. Herramientas

Para el procesamiento de los datos de este trabajo se usaron las siguientes herramientas:

- Informáticas:

Microsoft Excel, para realizar el análisis a la información recopilada en la ficha de recolección de datos y ficha de observación.

- Optimización:

LINGO (LINear Generalize Optimizer), en el cual se realizará el modelamiento y se obtendrá la cantidad óptima de luminarias a instalar.

3.5.11. Procedimientos

Para el desarrollo del presente TSP se llevó acabo el siguiente plan de trabajo:

1. Recolección de información del correo entre el área de ventas y los clientes.
2. Reunión con el personal del área de proyectos.
3. Visita de campo al cliente
4. Investigación de conceptos eléctricos.
5. Selección de la herramienta y formulación del modelo.
6. Selección del Software
7. Ejecución
8. Interpretación del resultado
9. Conclusiones

➤ ***Recolección de información del correo entre el área de ventas y los clientes***

Esta fue la primera actividad realizada, se solicitó al área de ventas una lista con los clientes desde enero del 2020 hasta mayo del 2021 y también autorización para poder tener acceso al correo del área de ventas.

➤ ***Reunión con el personal del área de proyectos***

Se coordinó con el personal encargado de la elaboración de los presupuestos para tener un panorama del como se viene realizando y conocer que aspectos tienen en consideración al momento de la elaboración.

➤ ***Visita de campo al lugar***

Con la información brindada por el personal de proyectos, se coordinó con el área de ventas para poder programar una visita de campo al cliente, en la cual se pudo observar la actual ubicación de las luminarias, las dimensiones del lugar y conversar con el cliente sobre la necesidad que él requería.

➤ ***Investigación de conceptos eléctricos***

En esta actividad, se tuvo que investigar temas relacionados a las instalaciones eléctricas para poder identificar los conceptos que serían utilizados en la formulación de nuestro modelo.

➤ ***Selección de la herramienta y formulación del modelo***

Teniendo la información de la visita de campo y los conceptos en temas eléctricos actividad, se seleccionó la herramienta de optimización a utilizar.

➤ ***Selección del Software***

Se seleccionó el software que acepte las cantidades de variables que el modelo llegara a tener y que este dentro de mi alcance.

➤ ***Ejecución***

Una vez ya formulado el modelo se procedió a aplicarlo en el software

➤ ***Interpretación del resultado***

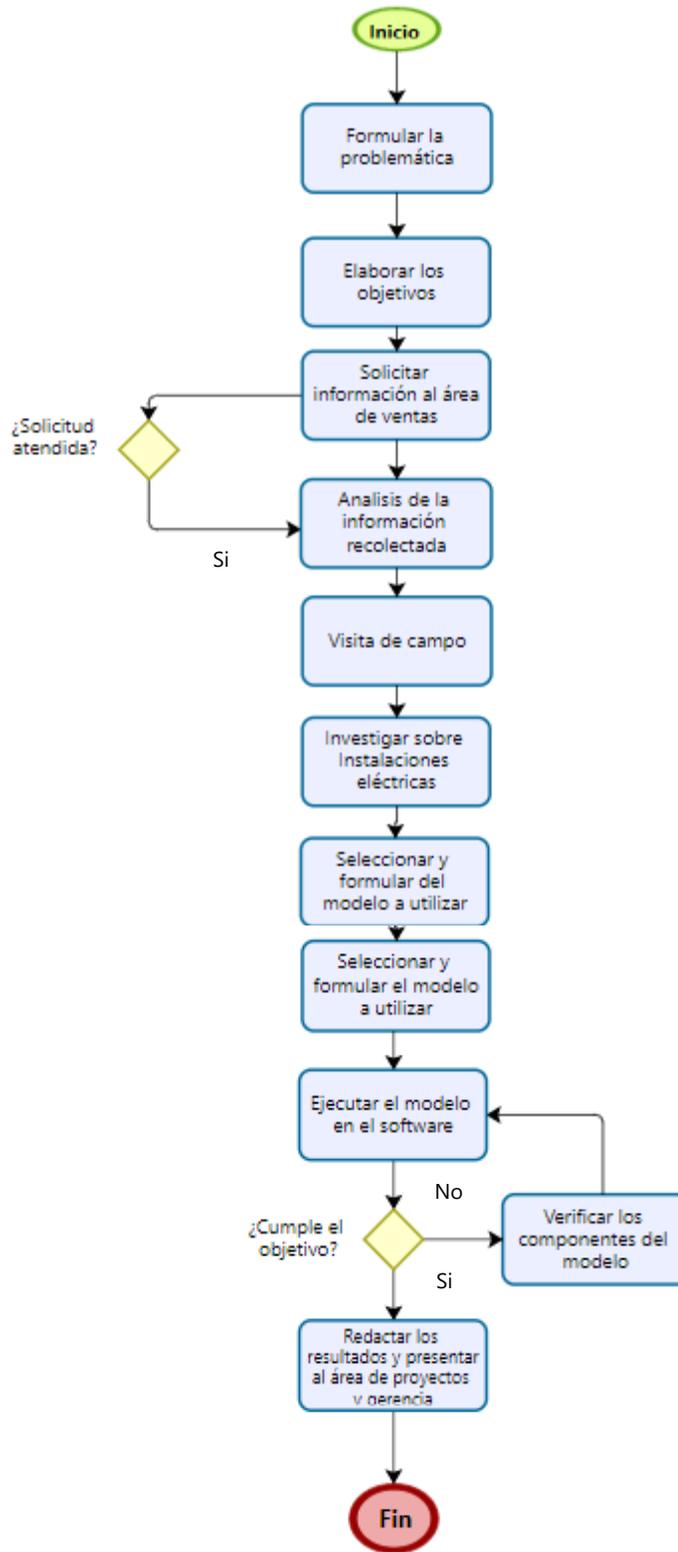
Una vez obtenido el resultado se interpretó y verifico que este cumpla con nuestros objetivos planteados.

➤ ***Conclusiones***

Finalmente se redactaron las conclusiones después de haber aplicado el modelo y algunas recomendaciones del caso.

Figura 7

Diagrama de flujo



Nota: Elaboración propia

3.5.12. Descripción de resultados

➤ **Análisis de datos:**

Visita de campo

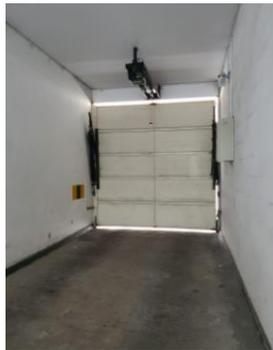
El día 14/08/2021 se realizó la visita a las instalaciones del Edificio Multifamiliar en la cual se tuvo una reunión con el cliente quien manifestó sus requerimientos y se aplicó la ficha de observación para la recolección de la información.

Figura 8

Fotos del Edificio multifamiliar



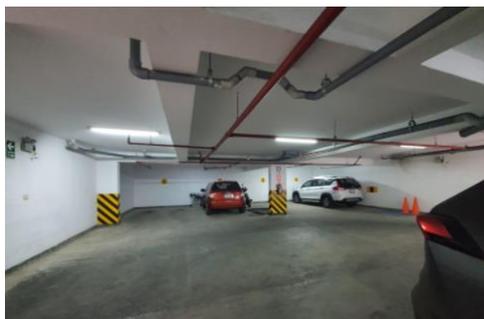
“Fachada”



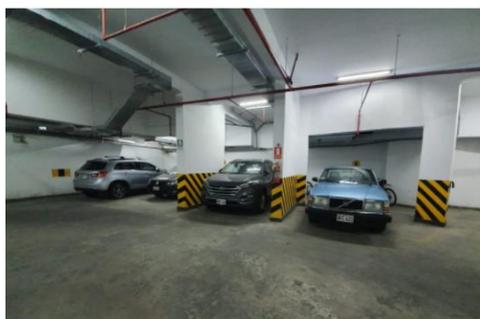
“Ingreso principal estacionamiento”



“Rampa”



“Estacionamiento 1”



“Estacionamiento 2”

Ficha de observación:

En el cuadro N° 1 y N° 2 se resumieron las características principales de ambos estacionamientos:

- Dimensiones del área: Nos servirán para el cálculo del flujo luminoso total requerido.
- Acabado del área: Nos permitirá obtener el factor de reflectancia de iluminación en el área de trabajo
- Cantidad de luminarias: Podremos conocer cuántas están actualmente instaladas.
- Tipo de luminaria: Conoceremos que tipo de luminaria está instalada actualmente

Figura 9

Características del estacionamiento N° 1

<u>Estacionamiento 1</u>			
N° luminarias:	14	Tipo:	Fluorescente convencional 36w
Altura:	2.2 mts.	Color :	
Ancho:	12 mts.	Techo:	Claro
Longitud:	16 mts.	Paredes:	Claro
Plano o altura de trabajo:	1 mt.	Piso:	Oscuro

Nota: Se puede observar que se cuenta con 14 luminarias cada una con 2 tipos de lámpara fluorescentes convencional 36w, las dimensiones del área de trabajo son: 2.2 m de altura, 12 m de ancho y 16 m de longitud. Elaboración propia

Figura 10*Características del estacionamiento N° 2*

<u>Estacionamiento 2</u>			
N° luminarias:	<u>20</u>	Tipo:	<u>Fluorescente convencional 36w</u>
Altura:	<u>2.4 mts</u>	Color:	
<i>Sección 1:</i>			
Ancho:	<u>3, 9.55 mts</u>	Techo:	<u>Claro</u>
Longitud:	<u>15.47, 17 mts</u>	Paredes:	<u>Claro</u>
Plano o altura de trabajo:	<u>1 mt.</u>	Piso:	<u>Oscuro</u>
<i>Sección 2:</i>			
Ancho:	<u>10 mts.</u>		
Longitud:	<u>17 mts.</u>		
Plano o altura de trabajo:	<u>1 mt.</u>		

Nota: En este caso el segundo estacionamiento se encuentra dividido en 2 secciones debido a su infraestructura, cuenta con 20 luminarias cada una con 2 lámpara tipos fluorescentes convencional 36w. Elaboración propia

➤ **Datos de entrada al modelo**

Se procede a la obtención de los valores que serán considerados en nuestro modelo:

- Flujo luminoso

Con la información recolectada previamente, se realizará el cálculo del flujo luminoso total requerido en cada estacionamiento por lo que se debe tener en cuenta los siguientes valores:

1. Iluminancia Media (E_m):

Es el valor que representa la cantidad y calidad de alumbrado recomendado para cada distinto tipo de área o actividad a realizar de manera que cumpla las condiciones de calidad y confort visual. (Castilla Cabanes, Blanca Giménez, Martínez Antón, & Pastor Villa, 2011).

En nuestro caso nos basaremos en la Norma técnica EM.010 Instalaciones eléctricas interiores del reglamento nacional de edificaciones, por lo que el valor será:

$$E_m = 75 \text{ lux}$$

Figura 11

Cuadro de requisitos mínimos de iluminación

10. ESTACIONAMIENTOS						
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	Em lux	UGR _L	U _o	R _s	Requisitos específicos
	Rampas entrada / salida (durante el día)	300	25	0,40	40	1. Iluminancias a nivel del suelo 2. Se deben reconocer los colores de seguridad
	Rampas entrada / salida (durante la noche)	75	25	0,40	40	1. Iluminancias a nivel del suelo 2. Se deben reconocer los colores de seguridad
	Calles interiores	75	25	0,40	40	1. Iluminancias a nivel del suelo 2. Se deben reconocer los colores de seguridad
	Áreas de parqueo	75	-	0,40	40	1. Iluminancias a nivel del suelo 2. Se deben reconocer los colores de seguridad 3. Una elevada iluminancia vertical aumenta el reconocimiento de las caras de las personas y, por ello, la sensación de seguridad
	Caja	300	19	0,60	80	1. Deben evitarse los reflejos en las ventanas 2. Debe prevenirse el deslumbramiento desde el exterior

Nota: Tomado de Norma técnica EM.010 Instalaciones eléctricas interiores del reglamento nacional de edificaciones

2. Índice del local (K)

Para determinar el índice K, primero debemos hallar la altura de suspensión (h_m)

$$h_m = \frac{4}{5}(h' - PT)$$

Para el estacionamiento 1:

$$h_m = \frac{4}{5}(2.2 - 1) = 0.96 \text{ m}$$

Para el estacionamiento 2:

$$h_m = \frac{4}{5}(2.4 - 1) = 1.12 \text{ m}$$

Una vez se tenga el valor de h_m , se procede a hallar el valor del índice k,

$$k = \frac{(a * b)}{h_m * (a + b)}$$

Para el estacionamiento 1:

$$k = \frac{(12 * 16)}{0.96 * (12 + 16)} = 7.14$$

Para el estacionamiento 2:

$$k = \frac{275.69}{1.12 * (17 + 20)} = 6.65$$

3. Coeficientes de reflexión:

Estos valores se encuentran tabulados de acuerdo a cada tipo de material, superficie y color del área a iluminar, para ambos estacionamientos se tendrá los siguientes factores de reflexión:

Techo: 0.5 Pared: 0.5 Piso: 0.1

Figura 12

Cuadro de coeficientes de reflexión

	Color	Factor de reflexión (ρ)
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	claro	0.5
	medio	0.3
Paredes	claro	0.5
	medio	0.3
	oscuro	0.1
Suelo	claro	0.3
	oscuro	0.1

4. Factor de utilización (η , CU):

Una vez obtenidos el índice de local y los coeficientes de reflexión, se realizará la tabulación utilizando la siguiente tabla de factores de iluminación en función a los valores obtenidos previamente.

Por lo que tabulando se obtiene:

Estacionamiento 1

$$\eta = 0.69$$

Estacionamiento 2

$$\eta = 0.66$$

Figura 13

Tabla de factores de iluminación

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (η)								
		Factor de reflexión del techo								
		0.7			0.5			0.3		
		Factor de reflexión de las paredes								
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1
	1	.28	.22	.16	.25	.22	.16	.26	.22	.16
	1.2	.31	.27	.20	.30	.27	.20	.30	.27	.20
	1.5	.39	.33	.26	.36	.33	.26	.36	.33	.26
	2	.45	.40	.35	.44	.40	.35	.44	.40	.35
	2.5	.52	.46	.41	.49	.46	.41	.49	.46	.41
	3	.54	.50	.45	.53	.50	.45	.53	.50	.45
	4	.61	.56	.52	.59	.56	.52	.59	.56	.52
	5	.63	.60	.56	.63	.60	.56	.62	.60	.56
	6	.68	.63	.60	.66	.63	.60	.65	.63	.60
	8	.71	.67	.64	.69	.67	.64	.68	.67	.64
	10	.72	.70	.67	.71	.70	.67	.71	.70	.67

5. Factor de mantenimiento o conservación (f_m):

Este factor está relacionado con el grado de suciedad ambiental y la frecuencia de la limpieza en el local (Castilla Cabanes, Blanca Giménez, Martínez Antón, & Pastor Villa, 2011).

En este caso, el edificio cuenta con el servicio de limpieza que se realiza a las áreas comunes 4 veces al mes por lo cual el índice f_m para ambos estacionamientos será :

$$f_m = 0.80$$

Figura 14

Tabla de factores de mantenimiento

Ambiente	Factor de mantenimiento (f_m)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

6. Flujo luminoso Total

Este valor representara la cantidad de energía luminosa requerida por nuestra área de trabajo. Tras haber realizado los cálculos previos, se procede al cálculo de flujo luminoso:

$$\Phi_t = \frac{E_m * (a * b)}{\eta * f_m}$$

Flujo luminoso total estacionamiento 1:

$$\Phi_t = \frac{75 * (12 * 16)}{0.69 * 0.8} = 26086.96 \text{ lum.}$$

Flujo luminoso total estacionamiento 2:

$$\Phi_t = \frac{75 * (275.69)}{0.66 * 0.8} = 39160.51 \text{ lum.}$$

- Vida útil

Durante la visita de campo nuestro cliente nos manifestó que, anualmente cierta cantidad de luminarias han sido cambiadas dado que estas dejaban de funcionar tal como se muestra en la figura 15.

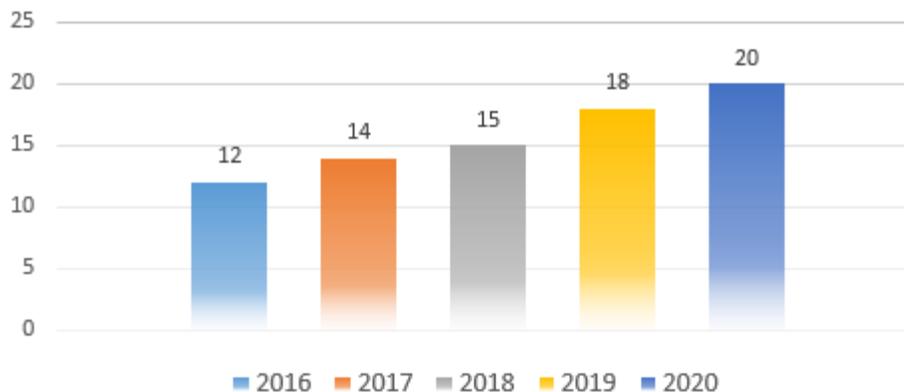
Por lo cual para ellos la duración de vida útil es un factor importante, por ende, se calculó la cantidad mínima de horas útil requerida para nuestra área de trabajo.

Vida útil anual: 8640 horas

Requisito mínimo 5 años de vida útil :43200 horas

Figura 15

Cantidad de luminarias defectuosas por año



Nota: El gráfico muestra que desde el año 2016 han venido incrementándose la cantidad de luminarias cambiadas. Elaboración propia con datos del cliente

- Luminarias

Con la informacion previa, se pudo determinar 5 posibles tipos de luminarias a instalar,todas son de tecnologia LED.

Figura 16

Alternativas de luminarias

Modelo de luminaria	Flujo luminoso	Vida util	Potencia	Precio
Luminaria 1	2000	25000	24 W	S/ 71.40
Luminaria 2	1960	30000	24 W	S/ 91.20
Luminaria 3	1700	50000	24 W	S/ 65.90
Luminaria 4	2550	50000	30 W	S/ 52.80
Luminaria 5	1600	15000	16 W	S/ 21.90

- La luminaria tipo 1, tiene un flujo o de 2000 lumenes ,25000 horas de vida util y potencia de 24 W
- La luminaria tipo 2 , tiene un flujo luminoso de 1960 lumenes ,30000 horas de vida util y potencia de 24 W
- La luminaria tipo 3 , tiene un flujo luminoso de 1700 lumenes,50000 horas de vida util y potencia de 24 W
- La luminaria tipo 4 , tiene un flujo luminoso de 2550 lumenes,50000 horas de vida util y potencia de 30 W
- La luminaria tipo 5 , tiene un flujo luminoso de 1600 lumenes,15000 horas de vida util y potencia de 16 W

➤ **Formulación del modelo**

Con los pasos realizados previamente, se procede a formular el modelo de Programación Lineal Entera Binaria:

Variables de decisión:

lum_i : Cantidad de luminarias tipo i a instalar , $i = 1,2,3,4,5$

y_i : $\begin{cases} 1, \text{ se compra la luminaria tipo } i \\ 0, \text{ caso contrario} \end{cases} \quad i = 1,2,3,4,5$

Parámetros:

C_i : Costo de luminarias tipo i a instalar , $i = 1,2,3,4,5$

FL_i : Flujo luminoso de la luminaria tipo i , $i = 1,2,3,4,5$

VU_i : Vida util en horas de luminaria tipo i a instalar , $i = 1,2,3,4,5$

CF : Costo fijo de instalación por luminaria

CL_t : Cantidad de luminaria total

FL_t : Flujo luminoso total del area

VU_r : Vida util en horas requeridas como minimo por el cliente

Función Objetivo:

Se requiere minimizar los costos de distribución óptima de las luminarias en los estacionamientos, por lo cual los relacionados son: Costo de equipo de luminaria y costo de instalación.

$$\sum_{i=1}^n C_i lum_i + CF \sum_{i=1}^n lum_i * y_i$$

Restricciones:

1. La cantidad de flujo luminoso de las luminarias instaladas debe ser mayor o igual al flujo luminoso total que requiere el área

$$\sum_{i=1}^n FL_i * lum_i \geq FL_t$$

2. La cantidad total de luminarias debe ser menor a la cantidad actual, en el caso que se compre la luminaria tipo i.

$$\sum_{i=1}^n lum_i \leq CL_t * y$$

3. La cantidad de vida horas útil debe ser mayor a la requerida por el cliente

$$\sum_{i=1}^n VU_i * lum_i \geq VU_R$$

4. Solo se debe seleccionar un tipo de luminaria a instalar

$$\sum_{i=1}^n y_i = 1$$

5. No negatividad y enteras

$$lum_i \geq 0, \text{ entero}$$

6. Variable binaria

$$y_i \begin{cases} 1, \text{ se da el caso} \\ 0, \text{ caso contrario} \end{cases}$$

Modelo final:

$$\sum_{i=1}^n C_i lum_i + CF \sum_{i=1}^n lum_i * y_i$$

Sujeto a:

$$\sum_{i=1}^n FL_i * lum_i \geq FL_t \dots\dots\dots (1)$$

$$\sum_{i=1}^n lum_i \leq CL_t * y_i \dots\dots\dots (2)$$

$$\sum_{i=1}^n VU_i * lum_i \geq VU_R \dots\dots\dots (3)$$

$$\sum_{i=1}^n y_i = 1 \dots\dots\dots (4)$$

$$lum_i \geq 0, \text{ entero} \dots\dots\dots (5)$$

$$y_i \begin{cases} 1, \text{ se da el caso} \\ 0, \text{ caso contrario} \end{cases} \dots\dots\dots (6)$$

➤ **Codificación:**

Estacionamiento 1:

En la Figura 10 se puede observar el cómo se realizó la codificación del modelo en el software, detallando la declaración de las variables, función objetivo y las restricciones del modelo en este caso para el estacionamiento N°1.

Figura 17

Modelo planteado estacionamiento N°1



```
Lingo Model - MODELO ESTACIONAMIENTO 1
|! Calculo cantidad de luminarias a instalar estacionamiento 1;
Min= 71.40*lum1+91.20*lum2+65.90*lum3+52.80*lum4+21.90*lum5+60*lum1*y1+60*lum2*y2+60*lum3*y3+60*lum4*y4+80*lum5*y5;
2000*lum1+1960*lum2+1700*lum3+2550*lum4+1600*lum5>=26086.96;
lum1<=14*y1;
lum2<=14*y2;
lum3<=14*y3;
lum4<=14*y4;
lum5<=14*y5;
25000*lum1+30000*lum2+50000*lum3+50000*lum4+15000*lum5>43200;
y1+y2+y3+y4+y5=1;
@gin(lum1);
@gin(lum2);
@gin(lum3);
@gin(lum4);
@gin(lum5);
@bin(y1);
@bin(y2);
@bin(y3);
@bin(y4);
@bin(y5);
END
```

- Función objetivo: Se plantea minimizar los costos de los equipos luminario y el relacionado a la mano de obra

$$\text{Min} = 71.40 \cdot \text{lum1} + 91.20 \cdot \text{lum2} + 65.90 \cdot \text{lum3} + 52.80 \cdot \text{lum4} + 21.90 \cdot \text{lum5} + 60 \cdot \text{lum1} \cdot Y1 + 60 \cdot \text{lum2} \cdot Y2 + 60 \cdot \text{lum3} \cdot Y3 + 60 \cdot \text{lum4} \cdot Y4 + 80 \cdot \text{lum5} \cdot Y5$$

- Restricciones:

_ El flujo luminoso requerido en el estacionamiento debe ser mayor o igual a 26086.96 lum.

$$2000 \cdot \text{lum1} + 1960 \cdot \text{lum2} + 1700 \cdot \text{lum3} + 2550 \cdot \text{lum4} + 1600 \cdot \text{lum5} \geq 26086.96;$$

_ La cantidad total de luminarias en el estacionamiento debe ser menor a la cantidad actual, en el caso que se compre la luminaria tipo i.

$$\begin{aligned} \text{lum1} &\leq 14 * y1; \\ \text{lum2} &\leq 14 * y2; \\ \text{lum3} &\leq 14 * y3; \\ \text{lum4} &\leq 14 * y4; \\ \text{lum5} &\leq 14 * y5; \end{aligned}$$

_ La cantidad de vida horas útil debe ser mayor a la requerida por el cliente, en este caso mayor a 5 años equivalente a 43200 horas.

$$25000 * \text{lum1} + 30000 * \text{lum2} + 50000 * \text{lum3} + 50000 * \text{lum4} + 15000 * \text{lum5} \geq 43200;$$

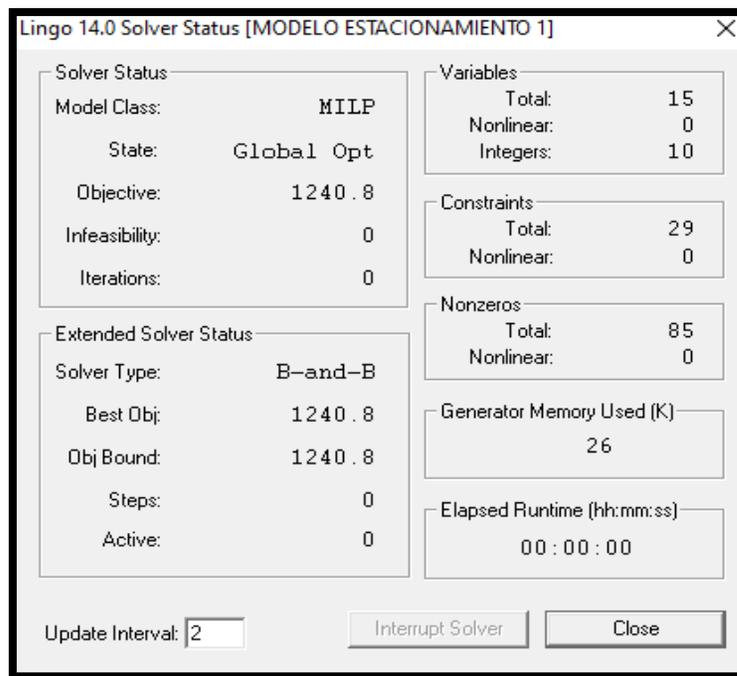
_ Solo se debe seleccionar un tipo de luminaria

$$y1 + y2 + y3 + y4 + y5 = 1;$$

Ejecutando el software visualizamos la siguientes ventanas:

Figura 18

Reporte Lingo estacionamiento N°1



Nota: En la grafica se detalla nuestra función objetivo junto con el tipo de modelo utilizado en este caso Branch and Bound

En la ventana de reporte de solución visualizamos:

Figura 19 *Reporte solución Lingo estacionamiento N°1*

Solution Report - MODELO ESTACIONAMIENTO 1			
Global optimal solution found.			
Objective value:		1240.800	
Objective bound:		1240.800	
Infeasibilities:		0.000000	
Extended solver steps:		0	
Total solver iterations:		0	
Elapsed runtime seconds:		0.11	
Model Class:		MILP	
Total variables:	15		
Nonlinear variables:	0		
Integer variables:	10		
Total constraints:	29		
Nonlinear constraints:	0		
Total nonzeros:	85		
Nonlinear nonzeros:	0		
Linearization components added:			
Constraints:	20		
Variables:	5		
	Variable	Value	Reduced Cost
	LUM1	0.000000	71.40000
	LUM2	0.000000	91.20000
	LUM3	0.000000	65.90000
	LUM4	11.00000	112.8000
	LUM5	0.000000	21.90000
	Y1	0.000000	0.000000
	Y2	0.000000	0.000000
	Y3	0.000000	0.000000
	Y4	1.000000	6000000.
	Y5	0.000000	0.000000

Interpretación:

En la figura 12, se puede observar el resultado obtenido al correr el modelo en el programa el cual nos indica:

<p>LUM4=11 Y4=1</p>

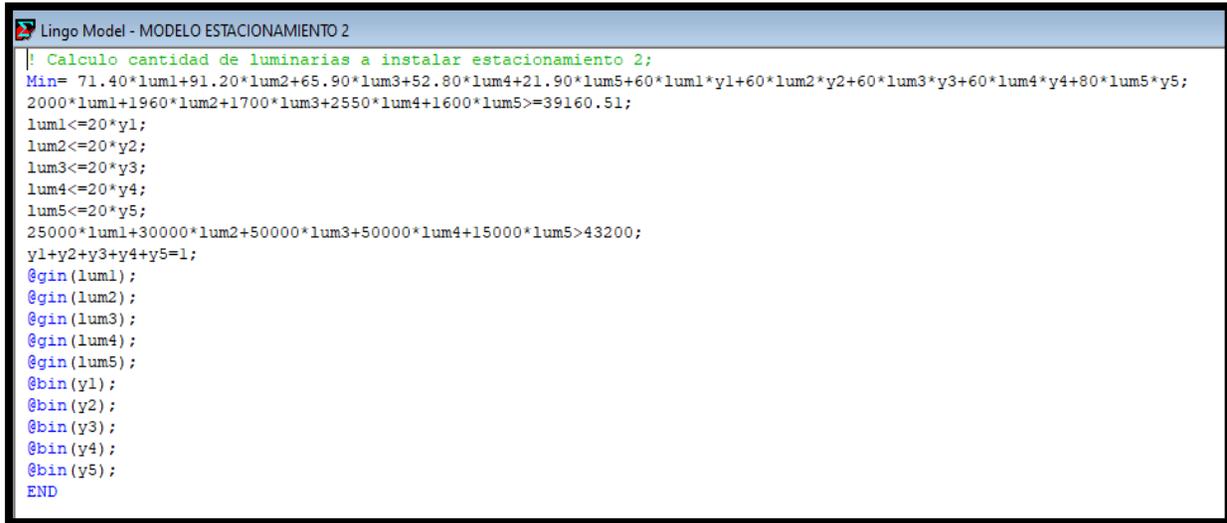
Esto indica que se deben instalar 11 luminarias del modelo 4, generando un costo total de S/1240.80

Estacionamiento 2:

En la figura 13, observa el cómo se realizó la codificación del modelo en el software, detallando la declaración de las variables, función objetivo y las restricciones del modelo en este caso para el estacionamiento N°2.

Figura 20

Modelo planteado estacionamiento N°2



```
Lingo Model - MODELO ESTACIONAMIENTO 2
| Calculo cantidad de luminarias a instalar estacionamiento 2;
Min= 71.40*lum1+91.20*lum2+65.90*lum3+52.80*lum4+21.90*lum5+60*lum1*y1+60*lum2*y2+60*lum3*y3+60*lum4*y4+80*lum5*y5;
2000*lum1+1960*lum2+1700*lum3+2550*lum4+1600*lum5>=39160.51;
lum1<=20*y1;
lum2<=20*y2;
lum3<=20*y3;
lum4<=20*y4;
lum5<=20*y5;
25000*lum1+30000*lum2+50000*lum3+50000*lum4+15000*lum5>43200;
y1+y2+y3+y4+y5=1;
@gin(lum1);
@gin(lum2);
@gin(lum3);
@gin(lum4);
@gin(lum5);
@bin(y1);
@bin(y2);
@bin(y3);
@bin(y4);
@bin(y5);
END
```

- Función objetivo: Se plantea minimizar los costos de los equipos luminario y el relacionado a la mano de obra

$$\text{Min} = 71.40 \cdot \text{lum1} + 91.20 \cdot \text{lum2} + 65.90 \cdot \text{lum3} + 52.80 \cdot \text{lum4} + 21.90 \cdot \text{lum5} + 60 \cdot \text{lum1} \cdot Y1 + 60 \cdot \text{lum2} \cdot Y2 + 60 \cdot \text{lum3} \cdot Y3 + 60 \cdot \text{lum4} \cdot Y4 + 80 \cdot \text{lum5} \cdot Y5$$

- Restricciones:

_ El flujo luminoso requerido en el estacionamiento debe ser mayor o igual a 39160.51 lm.

$$2000 \cdot \text{lum1} + 1960 \cdot \text{lum2} + 1700 \cdot \text{lum3} + 2550 \cdot \text{lum4} + 1600 \cdot \text{lum5} \geq 39160.51;$$

_ La cantidad total de luminarias en el estacionamiento debe ser menor a la cantidad actual, en el caso que se compre la luminaria tipo i.

$$\begin{aligned} \text{lum1} &\leq 20 * y1; \\ \text{lum2} &\leq 20 * y2; \\ \text{lum3} &\leq 20 * y3; \\ \text{lum4} &\leq 20 * y4; \\ \text{lum5} &\leq 20 * y5; \end{aligned}$$

_ La cantidad de vida horas útil debe ser mayor a la requerida por el cliente, en este caso mayor a 5 años equivalente a 43200 horas.

$$25000 * \text{lum1} + 30000 * \text{lum2} + 50000 * \text{lum3} + 50000 * \text{lum4} + 15000 * \text{lum5} > 43200;$$

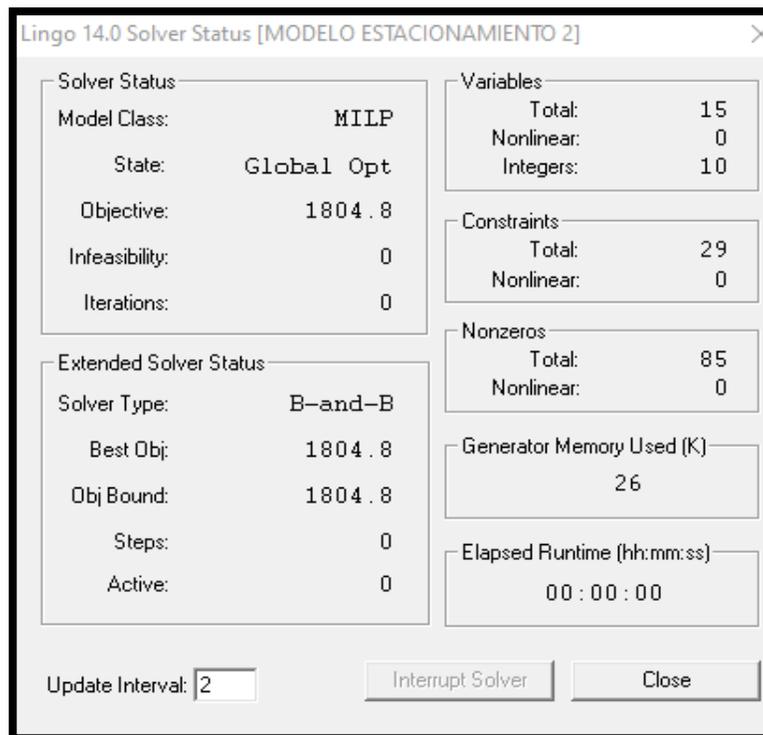
_ Solo se debe seleccionar un tipo de luminaria

$$y1 + y2 + y3 + y4 + y5 = 1$$

Ejecutando el software visualizamos la siguientes ventanas:

Figura 21

Reporte Lingo estacionamiento N°2



Nota: En la grafica se detalla nuestra función objetivo junto con el tipo de modelo utilizado en este caso Branch and Bound

En la ventana de reporte de solución visualizamos

Figura 22

Reporte solución Lingo estacionamiento N°2

Solution Report - MODELO ESTACIONAMIENTO 2			
Global optimal solution found.			
Objective value:		1804.800	
Objective bound:		1804.800	
Infeasibilities:		0.000000	
Extended solver steps:		0	
Total solver iterations:		0	
Elapsed runtime seconds:		0.11	
Model Class:		MILP	
Total variables:	15		
Nonlinear variables:	0		
Integer variables:	10		
Total constraints:	29		
Nonlinear constraints:	0		
Total nonzeros:	85		
Nonlinear nonzeros:	0		
Linearization components added:			
Constraints:	20		
Variables:	5		
	Variable	Value	Reduced Cost
	LUM1	0.000000	71.40000
	LUM2	0.000000	91.20000
	LUM3	0.000000	65.90000
	LUM4	16.00000	112.8000
	LUM5	0.000000	21.90000
	Y1	0.000000	0.000000
	Y2	0.000000	0.000000
	Y3	0.000000	0.000000
	Y4	1.000000	6000000.
	Y5	0.000000	0.000000

Interpretación:

En la figura 15, se puede observar el resultado obtenido al correr el modelo en el programa el cual nos indica:

LUM4=16 Y4=1

Esto indica que se deben instalar 16 luminarias del modelo 4, generando un costo total de S/1,804.80, por lo que la remodelación de luminarias de ambos estacionamientos tendrá un costo total de **S/3,045.60**.

CAPITULO IV: CONCLUSIONES

Tras la aplicación del modelo en nuestra herramienta de optimización se logró lo siguiente:

- Se minimizó el costo total por la remodelación de las luminarias en los 2 estacionamientos del edificio multifamiliar siendo un total de **S/3,045.60**.

De haber continuado con el procedimiento actual el costo total por remodelación hubiera sido **S/ 3,835.20** habiendo una diferencia de **S/ 789.60**.

- La cantidad óptima de luminarias en cada estacionamiento es:

Estacionamiento N° 1: 11 luminarias

Estacionamiento N° 2: 16 luminarias

En la actualidad el estacionamiento n°1 cuenta con 14 luminarias instaladas y el estacionamiento n°2 cuenta con 20 luminarias, demostrando que nuestro resultado obtenido es el óptimo dado que se cumple con las restricciones.

- El costo de consumo eléctrico mensual será:

Estacionamiento N° 1: **S/. 139.69**

Estacionamiento N° 2: **S/. 203.18**

En comparación a lo que actualmente se viene consumiendo con los tubos fluorescentes:

Estacionamiento N° 1: **S/. 426.67**

Estacionamiento N° 2: **S/. 609.53**

Existiendo una diferencia de **S/. 693.33**, de consumo adicional.

- El modelo de luminaria seleccionada es de tecnología LED en comparación a la actual tecnología instalada en los estacionamientos, los cuales son tipo convencional generando un gran consumo eléctrico.

En base a lo planteado en nuestra justificación en el subcapítulo 3.5 podemos verificar que nuestro resultado obtenido se ajusta a lo que queríamos lograr, presentando una propuesta económica en base a resultados óptimos siendo nuestro principal beneficiario el cliente.

Respecto a la metodología aplicada durante el desarrollo del trabajo, esta sirvió como eje para obtener nuestros resultados, cumpliendo así con nuestros objetivos planteados.

CAPITULO V: RECOMENDACIONES

Tras haber realizado el presente trabajo se recomienda lo siguiente:

- La empresa debería considerar incluir dentro del área de proyectos un grupo encargado de evaluar el procedimiento actual de la elaboración de presupuestos y tratar de estandarizar este modelo para casos parecidos.
- La empresa debería contactar a clientes que posiblemente tengan el mismo sistema de iluminación para poder presentar su propuesta innovadora.
- Se recomienda que para futuras investigaciones se podría considerar los siguientes aspectos:
 - _ La reubicación de luminarias, dado que incluirían costos adicionales.
 - _ Considerar un modelo diferente de luminarias, dado que las empresas de luminarias innovan cada año en sus productos.

CAPITULO VI: BIBLIOGRAFIA

- Banco central de Reserva del Perú. (22 de Julio de 2021). *Resumen informativo semanal*. Recuperado el 24 de Julio de 2021, de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Nota-Semanal/2021/resumen-informativo-2021-07-22.pdf>
- Budnick, F. S. (2007). *Matemáticas aplicadas para administración, economía y ciencias sociales*. México: McGraw Hill.
- Castilla Cabanes, N., Blanca Giménez, V., Martínez Antón, A., & Pastor Villa, R. (2011). *Luminotecnia: Cálculo según el método de lúmenes*.
- Córdoba Segovia, C. M., & Moreno Moncayo, D. F. (2017). La importancia de una buena estrategia de fijacion de precios como herramienta de penetración de mercados. *Tendencias*, 18(2), 58-68. doi:<https://doi.org/10.22267/rtend.171802.73>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta edición ed.).
- Hurtado de Barrera, J. (2012). *El proyecto de investigación compresion holística de la metodologia y la investigación*. Caracas: Ediciones Quiron.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (07 de Julio de 2021). *Situación del mercado laboral en Lima Metropolitana*. Recuperado el 26 de julio de 2021, de <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/07-informe-tecnico-mercado-laboral-abr-may-jun-2021.pdf>
- Nicomedes Teodoro, E. (2018). Tipos de investigación. Obtenido de <http://repositorio.usdg.edu.pe/handle/USDG/34>
- Norma técnica EM.010 Instalaciones eléctricas interiores del reglamento nacional de edificaciones. Decreto supremo N° 011 - 2006 - Vivienda. (12 de marzo de 2019). *Diario Oficial " El Peruano "*.

CAPITULO VII: ANEXOS

- Ficha de recolección de datos:

<u>Ficha de recolección de datos</u>	
Fecha:	_____
Hora:	_____
<i>I. Datos principales</i>	
Cliente:	_____
RUC:	_____
Nombre del proyecto:	_____
<i>II. Características generales</i>	
Fecha de solicitud de requerimiento:	_____
Estado del proyecto:	Asesor encargado: _____
Aprobado en primera instancia	<input type="checkbox"/>
Rechazado	<input type="checkbox"/>
Motivo:	_____

<u>Ficha de observación</u>	
Fecha:	_____
<i>I. Antecedentes</i>	
Ciudad:	_____
Año:	_____
Distrito:	_____
<i>II. Características generales</i>	
Tipo de inmueble:	_____
Nº estacionamientos:	_____
Nº de pisos:	_____
<i>III. Zona específica</i>	
Estacionamiento N° __:	_____
Nº luminarias:	_____
Altura:	_____
Ancho:	_____
Longitud:	_____
Plano o altura de trabajo:	_____
Color	_____
Techo:	_____
Paredes:	_____
Piso:	_____