



Análisis de la capacidad y optimización de mallas horarias en una entidad financiera: Un enfoque basado en datos para mejorar la gestión de recursos.

Diego Alejandro Robles Rodríguez

Para optar al título de Ingeniero Industrial

Semestre de Industria

Asesor metodológico

Emerson Andrés Giraldo Betancur asesor interno, Magíster (MSc) en dirección de operaciones y logística.

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Industrial

Medellín, Antioquia, Colombia

2025

Cita	(Robles Rodríguez, 2024)
Referencia	Robles Rodríguez, , D. (2024). Análisis de la capacidad y optimización de mallas horarias en una entidad financiera: Un enfoque basado en datos para mejorar la gestión de recursos. [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

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

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

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

Tabla de contenido

Resumen	7
Abstract	9
1. Introducción	10
2. Objetivos	12
2.1 Objetivo general	12
2.2 Objetivos específicos.....	12
3. Marco teórico	13
4. Metodología	22
5. Análisis de resultados.....	25
5.1 Fase 1: Definir y planificar el proyecto.....	25
5.2 Fase 2: Diseñar y preparar los datos para su posterior análisis.	27
5.3 Fase 3: Llevar a cabo un análisis de capacidad para los puntos de atención.	30
5.4 Fase 4: Formular un modelo de optimización de mallas horarias para los puntos de atención.	37
5.5 Fase 5: Análisis de resultados y próximos pasos	45
6. Conclusiones y recomendaciones.....	47
7.Referencias	50

Lista de tablas

Tabla 1. Cronograma del proyecto	27
Tabla 2. Parámetros de Tiempos	30
Tabla 3. Formato indicadores reales y presupuestados	31
Tabla 4. Capacidad ocupada por cargo (minutos).....	32
Tabla 5. Porcentajes de capacidad Ocupada Real, Presupuestada y su Diferencia.	33
Tabla 6. Escenarios de diferencia mínima entre capacidad Ocupada Real y Presupuestada	33
Tabla 7. Escenarios donde la Capacidad ocupada Real es mayor a la presupuestada.	34
Tabla 8. Escenarios donde la Capacidad ocupada Real es menor a la presupuestada.	35
Tabla 9. Resultados modelo mallas horarias	41
Tabla 10. Plantilla mallas horarias para gerentes	42

Lista de figuras

Figura 1. Consulta SQL para Capacidad.....	28
Figura 2. Consulta SQL para modelo de mallas.....	29
Figura 3. Eliminando nulos de SQL en Python.....	29
Figura 4. Adherencia mallas horarias vs MAPE capturas.....	43

Lista de ecuaciones

Ecuación 1. Formula de capacidad ocupada	30
Ecuación 2. Formula de capacidad instalada	30
Ecuación 3. Función objetivo del modelo	37
Ecuación 4. Restricción horarios puntos de atención.....	39
Ecuación 5. Restricción franjas por turnos.....	39
Ecuación 6. Restricción turnos máximos por canal.	39
Ecuación 7. Restricción franjas por turnos.....	39
Ecuación 8. Restricción ejecutivos asignados a turnos en puntos de atención.	39
Ecuación 9. Restricción descansos puntos de atención.....	40
Ecuación 10. Restricción descansos entre turnos de un mismo punto de atención.....	40
Ecuación 11. Restricción ejecutivos por turnos.	40
Ecuación 12. Restricción duración de franjas por día.....	40
Ecuación 13. Restricción horas semanales.....	40

Siglas, acrónimos y abreviaturas

- **PA:** Punto de Atención.
- **Canal:** Código que permite identificar un Punto de Atención.
- **SQL:** Structured Query Language (Lenguaje de Consulta Estructurado).
- **BDP:** Base de Datos Principal.
- **IFNULL:** Función en SQL que devuelve un valor alternativo si el original es nulo.
- **KPI:** Key Performance Indicator (Indicador Clave de Desempeño).
- **Meta:** Objetivo cuantitativo establecido para medir el desempeño de un punto de atención.
- **Dashboard:** Representación visual de datos clave, generalmente en forma de gráficos e indicadores, utilizada para monitorear, analizar y gestionar información de manera eficiente en tiempo real.
- **Capturas:** Referencia a los trámites o solicitudes gestionadas para nuevos clientes en los puntos de atención.

Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo optimizar la gestión de recursos en una entidad financiera a través del análisis de la capacidad de sus puntos de atención y la optimización de las mallas horarias. Mediante un enfoque basado en datos, se busca identificar desequilibrios en la asignación de recursos, determinando si existe una correspondencia adecuada entre la demanda de servicios y la capacidad instalada.

El diseño metodológico del proyecto se estructuró en cinco fases: planificación, preparación de datos, análisis de capacidad, formulación de un modelo de optimización y análisis de resultados. Se comenzó con la definición de preguntas clave y un cronograma detallado para orientar el trabajo. Posteriormente, se extrajeron y limpiaron datos provenientes de bases empresariales, los cuales sirvieron de insumo para calcular indicadores de capacidad y ocupación. A partir de este análisis, se formuló un modelo de optimización en Python que generó mallas horarias dinámicas adaptadas a las necesidades de cada punto de atención, considerando restricciones operativas y recursos disponibles. Finalmente, se contrastaron los resultados del modelo con los hallazgos del análisis de capacidad, generando recomendaciones específicas.

Entre los principales hallazgos, se identificaron patrones de capacidad, que mostraron una sobreutilización de recursos en algunos puntos de atención y una subutilización en otros. El modelo de optimización permitió proponer mallas y turnos horarios que distribuyen el personal disponible en cada punto de atención, proponiendo un uso de recursos de manera equitativa, incrementando la eficiencia operativa (aprovechando los horarios de mayor tráfico de personas) y promoviendo el cumplimiento de las metas para los puntos de atención.

El valor agregado de este trabajo radica en la implementación de un enfoque integrador que combina análisis descriptivo y modelación matemática, lo que permite una gestión más eficiente y personalizada de los recursos humanos en los puntos de atención. Su principal contribución práctica es proporcionar una herramienta adaptable a diversas condiciones operativas, que optimiza la utilización del personal. Este enfoque ofrece una base replicable para otras organizaciones que

enfrentan desafíos similares en la asignación de recursos frente a variaciones en la demanda o disponibilidad de recursos humanos.

Palabras clave: Análisis de capacidad, Optimización de mallas horarias, Entidad financiera, Puntos de atención, Gestión de recursos, Datos.

Abstract

The objective of this project is to optimize resource management in a financial institution through the analysis of the capacity of its customer service points and the optimization of time schedules. Through a data-driven approach, it seeks to identify imbalances in the allocation of resources, determining whether there is an adequate correspondence between the demand for services and the installed capacity.

The methodological design of the project was structured in five phases: planning, data preparation, capacity analysis, formulation of an optimization model and analysis of results. It began with the definition of key questions and a detailed timeline to guide the work. Subsequently, data from corporate databases were extracted and cleaned, which served as input to calculate capacity and occupancy indicators. Based on this analysis, an optimization model was formulated in Python that generated dynamic time grids adapted to the needs of each service point, considering operational restrictions and available resources. Finally, the results of the model were contrasted with the findings of the capacity analysis, generating specific recommendations.

Among the main findings, capacity patterns were identified, showing an overutilization of resources at some points of care and an underutilization at others. The optimization model made it possible to propose time grids and shifts that distribute the available personnel at each point of care, proposing an equitable use of resources, increasing operational efficiency (taking advantage of peak traffic hours) and promoting compliance with the goals for the points of care.

The added value of this work lies in the implementation of an integrative approach that combines descriptive analysis and mathematical modeling, which allows a more efficient and personalized management of human resources at the points of service. Its main practical contribution is to provide a tool adaptable to various operational conditions, which optimizes personnel utilization. This approach offers a replicable basis for other organizations facing similar resource allocation challenges in the face of variations in demand or availability of human resources.

Keywords: service points, resource management, historical data, scheduling optimization, financial institution, capacity analysis, operational efficiency, customer satisfaction.

1. Introducción

La gestión eficiente de recursos en los puntos de atención de las entidades financieras es un desafío crítico en la actualidad, dado el impacto directo que tiene en la experiencia del cliente y en los costos operativos. Este trabajo aborda el tema de la optimización de las mallas horarias y el análisis de la capacidad instalada en los puntos de atención de una entidad financiera, con el objetivo de garantizar una distribución adecuada de recursos que permita atender la demanda de manera eficiente.

El interés en desarrollar este proyecto surge de la necesidad de enfrentar problemas recurrentes en la asignación de recursos, tales como tiempos de espera prolongados en horas de alta demanda y la subutilización de personal en horarios de menor afluencia. Estos problemas generan no solo insatisfacción en los clientes, sino también una gestión ineficaz del capital humano. La implementación de un enfoque basado en datos y optimización matemática permite proponer soluciones innovadoras que beneficien tanto a la organización como a sus usuarios.

El principal objetivo del trabajo es optimizar la asignación de recursos humanos en los puntos de atención mediante la identificación de desequilibrios en la capacidad instalada y la formulación de mallas horarias óptimas. Esto se logró a través de un enfoque metodológico dividido en cinco fases: planificación, preparación de datos, análisis de capacidad, formulación de un modelo de optimización en Python y análisis de resultados. Cada fase fue diseñada para construir sobre los resultados de la anterior, integrando técnicas de análisis descriptivo y modelación matemática para alcanzar conclusiones fundamentadas.

Entre las principales limitaciones del proyecto se encuentra la dependencia de los datos proporcionados por la entidad financiera, los cuales se asumieron correctos y no fueron intervenidos más allá de procesos de limpieza para garantizar su consistencia. Así mismo, el modelo desarrollado se enfoca exclusivamente en la asignación franjas horarias y turnos para recursos humanos y no contempla variables externas como cambios en la demanda por eventos extraordinarios o la implementación de nuevas tecnologías en los puntos de atención.

El proyecto se organiza en cinco fases. En la primera fase, se define y planifica el proyecto, estableciendo los objetivos, el alcance y los recursos necesarios para su ejecución. En la segunda fase, se diseña y prepara la base de datos, asegurando la calidad, consistencia y estructura adecuada para el análisis. La tercera fase se enfoca en el análisis de capacidad de los puntos de atención, identificando discrepancias entre la capacidad instalada y ocupada y los factores que las explican. En la cuarta fase, se formula un modelo de optimización de mallas horarias que permite asignar turnos y recursos de manera eficiente, maximizando la productividad y alineándola con las necesidades operativas. Finalmente, en la quinta fase, se integran los hallazgos obtenidos en las fases previas, se formulan recomendaciones y se plantean estrategias para garantizar la aplicabilidad y sostenibilidad de las soluciones propuestas.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Desarrollar un análisis de capacidad y un modelo de optimización de mallas horarias para los puntos de atención de la empresa, utilizando herramientas como SQL, Excel y Python, con el fin de analizar la asignación de recursos y proponer mallas horarias para los puntos de atención.

2.2 Objetivos específicos

- Definir y planificar el proyecto
- Diseñar y preparar los datos para su posterior análisis.
- Llevar a cabo un análisis de capacidad para los puntos de atención.
- Formular un modelo de optimización de mallas horarias para los puntos de atención.
- Analizar resultados y proponer próximos pasos.

3. Marco teórico

En el artículo de Challenger-Pérez, Díaz-Ricardo y Becerra-García (2014), se realiza un análisis detallado del lenguaje de programación Python. El artículo destaca las principales características de Python, como su facilidad de uso, legibilidad y versatilidad, lo que lo posiciona como un lenguaje de alto nivel que incluye estructuras de datos implícitas como listas, diccionarios, conjuntos y tuplas, permitiendo realizar tareas complejas en pocas líneas de código. Este aspecto es particularmente relevante para el proyecto, sumado a la capacidad de Python para manejar excepciones y su uso en la programación orientada a objetos, imperativa y funcional, lo convierte en una herramienta poderosa para nuestros objetivos de optimización y análisis de capacidad.

Mirjalili y Raschka (2020) abordan una serie de técnicas y herramientas esenciales para la implementación de algoritmos de aprendizaje automático utilizando el lenguaje de programación Python. Este recurso es fundamental para cualquier proyecto que involucre la manipulación y análisis de datos a gran escala, así como la construcción de modelos predictivos complejos, en el mismo se cubre desde los fundamentos del aprendizaje automático hasta los aspectos más avanzados, proporcionando ejemplos prácticos y casos de uso aplicados. Los autores destacan la importancia de la limpieza y preparación de datos, la cual se alinea perfectamente con el objetivo de garantizar datos de alta calidad para análisis y optimización. Además, el libro explora diversas bibliotecas de Python como Scikit-learn, Keras y TensorFlow, que son cruciales para el desarrollo de modelos de optimización, como los que se proponen en este proyecto para mejorar la asignación de recursos en los puntos de atención. Mirjalili y Raschka también abordan la validación y evaluación de modelos, una etapa crítica en la formulación y validación del modelo de mallas horarias en Python que se plantea en nuestro proyecto. El enfoque detallado del libro en estos aspectos garantiza que los modelos desarrollados sean robustos y capaces de generar resultados precisos y confiables.

En su obra, López (2022) ofrece una guía detallada y práctica para el análisis y la interpretación de datos utilizando Python. Este libro es una referencia esencial para cualquier proyecto que involucre la ciencia de datos, ya que cubre tanto los fundamentos como los aspectos avanzados del análisis

de datos. López aborda la limpieza y preparación de datos con un enfoque en la eliminación de errores, valores nulos e inconsistencias, lo cual es crucial para garantizar la calidad y confiabilidad de los datos antes de cualquier análisis o modelado. Este aspecto es fundamental para nuestro proyecto, que requiere datos limpios y precisos para el análisis de capacidad en los puntos de atención y para la formulación del modelo de mallas horarias.

Además, el libro explora diversas técnicas y herramientas de Python para el análisis de datos, incluyendo bibliotecas como Pandas, NumPy y Matplotlib. Estas herramientas son esenciales para realizar análisis detallados y visualizaciones efectivas, apoyando el desarrollo de un análisis de capacidad y la implementación de modelos de optimización para el proyecto.

En el estudio de Quezada y Apelio (2022), se presenta un modelo de optimización para la asignación de docentes y aulas en el centro de capacitaciones DMC utilizando programación lineal entera con Python. Este modelo se desarrolló en respuesta a la creciente complejidad de la programación de horarios debido al aumento de capacitaciones ofrecidas durante la pandemia, pasando de clases presenciales a online. Así mismo se utilizó de la librería Pulp para formular el modelo y Pandas para la conexión y procesamiento de datos permitió una asignación más eficiente de recursos. La implementación de este modelo resultó en una reducción significativa del tiempo de asignación de docentes y aulas, permitiendo que estos recursos se utilicen en otras actividades que mejoren las operaciones del centro de capacitaciones. Este estudio es relevante para el proyecto, ya que también busca optimizar la asignación de recursos y mejorar la eficiencia operativa mediante el uso de técnicas de programación lineal y herramientas de Python.

En el documento "Estudio de Capacidad Instalada - Sede Meléndez" de la Oficina de Planeación y Desarrollo Institucional (2006), se presenta un análisis detallado de la capacidad instalada en dicha sede. Este estudio es fundamental para entender la capacidad operativa de una institución educativa y cómo se puede optimizar el uso de sus recursos, así mismo el análisis incluye una evaluación de la capacidad física de las instalaciones, así como la capacidad de personal y recursos disponibles. Este tipo de estudio es crucial para la planificación y gestión eficiente de las instalaciones, permitiendo identificar áreas de mejora y optimización. El documento también aborda la metodología utilizada para el análisis de capacidad, incluyendo la recopilación y análisis de datos, así como las herramientas y técnicas empleadas. Este estudio es relevante para el proyecto, ya que

proporciona un marco metodológico y herramientas que pueden ser aplicados en el análisis de capacidad de los puntos de atención. Además, las conclusiones y recomendaciones presentadas en el estudio pueden servir como referencia para la implementación de mejoras en la capacidad.

En su tesis doctoral, Lacaze (2014) examina cómo se puede optimizar la capacidad en la industria de panificación utilizando técnicas de análisis de capacidad. Este estudio, realizado en la Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Económicas, proporciona un marco metodológico detallado para evaluar y mejorar la eficiencia operativa en este sector. Lacaze aborda la importancia de la planificación y gestión de la capacidad, destacando cómo una adecuada asignación de recursos puede llevar a una mayor productividad y reducción de costos. El estudio también incluye el uso de herramientas y técnicas de análisis de datos para identificar áreas de mejora y optimizar el uso de los recursos disponibles. Este trabajo es relevante para el proyecto, ya que ofrece una metodología aplicable para el análisis de capacidad en los puntos de atención, permitiendo identificar y solucionar ineficiencias operativas. Además, las conclusiones y recomendaciones del estudio pueden servir como referencia para implementar mejoras en la capacidad y eficiencia operativa.

Así mismo, Fong Reynoso, Flores Valenzuela y Cardoza Campos (2017) presentan un análisis exhaustivo de la literatura sobre la teoría de recursos y capacidades (TRC). Este análisis se basa en datos recopilados de la base de datos Scopus y abarca el periodo de 2011 a 2015. El artículo destaca la creciente adopción de la TRC en la investigación de gestión estratégica, resaltando cómo esta teoría ha sido utilizada para explicar el comportamiento y desempeño de las empresas, así como los mecanismos para construir y mantener una ventaja competitiva. La TRC considera que una ventaja competitiva se logra cuando una empresa alcanza un nivel de desempeño superior al de sus competidores, permitiéndole obtener beneficios extraordinarios. Este estudio es relevante para el proyecto, ya que proporciona una visión general de cómo la TRC ha sido aplicada en diferentes contextos y su impacto en la gestión estratégica. Además, el análisis bibliométrico realizado por los autores puede servir como referencia para identificar tendencias y áreas de investigación emergentes en la TRC, lo cual puede ser útil para el desarrollo del análisis de capacidad y el modelo de optimización de mallas horarias.

En su ponencia "Excel como herramienta de analítica empresarial", Rodríguez-Rivas (2022) explora cómo Excel puede ser utilizado como una herramienta poderosa para el análisis de datos y la toma de decisiones en el ámbito empresarial. El estudio se presentó en el Congreso de Investigación, Desarrollo e Innovación de la Universidad Internacional de Ciencia y Tecnología. Rodríguez-Rivas destaca que Excel, debido a su accesibilidad y facilidad de uso, es una herramienta ideal para pequeñas y medianas empresas que buscan implementar prácticas de inteligencia de negocios sin incurrir en altos costos. El autor desarrolló un cuadro de mandos en Excel que permite la segmentación de datos y la visualización de información clave, facilitando la identificación de tendencias y la toma de decisiones informadas. Este enfoque es relevante para nuestro proyecto, ya que subraya la importancia de utilizar herramientas accesibles y eficientes para optimizar la capacidad y mejorar la eficiencia operativa. La capacidad de Excel para manejar grandes volúmenes de datos y presentarlos de manera comprensible es una ventaja significativa para cualquier análisis de capacidad.

En la investigación de Cubas Campos y Moreno Roque (2023) analizan la relación entre la capacidad de atención y la calidad del servicio en el área de compras de una empresa del sector gráfico en Lima. Este estudio se realizó con un enfoque cuantitativo y un diseño no experimental de corte transversal. La investigación se basó en una encuesta aplicada a 40 colaboradores de la empresa, utilizando un cuestionario con 40 ítems a escala Likert. Los resultados mostraron una relación positiva muy fuerte entre la capacidad de atención y la calidad del servicio, con un coeficiente de Rho de Spearman igual a 0.7611. Además, se validaron los datos obtenidos mediante el estadístico alfa de Cronbach, que arrojó un resultado de 0.906, indicando una alta confiabilidad. Este estudio es relevante para el proyecto, ya que subraya la importancia de conocer la capacidad para tomar decisiones y elevar la calidad del servicio, lo cual puede aplicarse al análisis de capacidad que se desarrolla en el transcurso de este proyecto.

Martínez, Lista y Flórez (2013) presentan una revisión exhaustiva de las técnicas de modelado de procesos de ETL (Extract, Transform, Load) y su aplicación práctica en un proyecto de desarrollo de una solución de inteligencia de negocios (BI). El estudio destaca dos categorías principales de técnicas de modelado: aquellas inspiradas en los diagramas de flujo y de procesos, y aquellas basadas en el paradigma de programación orientada a objetos (POO) y los diagramas de UML. El

artículo ilustra cómo se aplicaron estas técnicas en el proyecto "Desarrollo de una solución de inteligencia de negocios para apoyar a la toma de decisiones en el Proyecto Círculos de Aprendizaje", explicando la elección de cada técnica y su uso práctico. Este artículo es relevante para el proyecto, ya que proporciona una visión detallada de las alternativas disponibles para el modelado de procesos de ETL y su aplicación en soluciones de BI, lo cual puede ser útil para la formulación del modelo optimización de mallas horarias.

Complementando, Trujillo (2011) realizan un estudio sistemático para evaluar las propuestas de investigación existentes sobre el modelado de procesos ETL (Extract, Transform, Load) para almacenes de datos. El objetivo principal es identificar las características principales, las notaciones y las actividades involucradas en estos modelos, así como estudiar si estos enfoques están respaldados por algún prototipo o herramienta. El estudio se basa en un conjunto de artículos obtenidos mediante criterios de selección en múltiples etapas y publicados en conferencias y revistas internacionales entre 2000 y 2009. Los resultados muestran una clasificación clara de los enfoques de modelado de procesos ETL, aunque también señalan que estos enfoques no están suficientemente cubiertos por los investigadores, lo que indica la necesidad de más esfuerzos para cerrar la brecha de investigación en este campo. Este artículo es relevante para el proyecto, ya que proporciona una visión detallada de las alternativas disponibles para el modelado de procesos ETL y su aplicación en soluciones de almacenes de datos, lo cual puede ser útil para la implementación de optimización de mallas horarias.

Según Mukhopadhyay y Samanta (2022), se explora cómo utilizar Python para implementar procesos ETL (Extract, Transform, Load). Este capítulo proporciona una visión detallada de las técnicas y herramientas disponibles en Python para la extracción, transformación y carga de datos, incluyendo ejemplos prácticos y patrones arquitectónicos. El uso de Python para ETL es ventajoso debido a su amplia gama de bibliotecas y frameworks, como pandas, NumPy, SQLAlchemy y Airflow, que facilitan la manipulación y análisis de datos. Además, Python permite una integración fluida con diversas fuentes de datos y destinos, lo que lo convierte en una opción popular para la creación de pipelines de datos. Este capítulo es relevante para el proyecto, ya que proporciona una guía práctica para implementar procesos ETL utilizando Python, lo cual puede ser útil para el desarrollo del modelo de optimización de nuestras mallas horarias.

En su tesis de grado, Pardo Cáceres (2017) presenta el desarrollo de un sistema ETL (Extract, Transform, Load) para migrar datos contenidos en archivos Excel hacia el Sistema de Información Nacional de la Coordinación General de Redes Comerciales del MAGAP. El proyecto se estructura en cinco capítulos, abarcando desde el estado del arte hasta la implementación y pruebas del sistema. Este estudio es relevante para el proyecto, ya que proporciona un ejemplo práctico de cómo se puede implementar un sistema ETL para la migración de datos.

Según, Tietz, Miller-Nobles y Cainas (2022), exploran la importancia de enseñar el proceso ETL (Extract, Transform, Load) en cursos introductorios de contabilidad y análisis de datos. El artículo destaca que los datos reales rara vez llegan limpios y listos para el análisis, y que los profesionales de negocios y contadores a menudo pasan una cantidad significativa de tiempo preparando los datos antes de que puedan ser analizados. El artículo sugiere que exponer a los estudiantes a los desafíos de la preparación de datos es crucial para su formación, y que el proceso ETL debe ser introducido en los cursos introductorios para ayudar a los estudiantes a comprender la importancia de limpiar y transformar los datos antes de su análisis. Este enfoque es relevante para el proyecto, ya que subraya la importancia de una adecuada preparación de datos para el análisis y la toma de decisiones informadas.

En su libro Pardo Cáceres (2011) ofrece un análisis profundo de la base de datos Microsoft SQL Server 2008 R2, especialmente en su edición Enterprise. El libro cubre desde la instalación del programa hasta el trabajo en diferentes entornos de base de datos, y desarrolla ampliamente el modelo entidad-relación a través de Transact-SQL. Este libro es una excelente referencia para comprender los fundamentos y las técnicas avanzadas de administración y desarrollo de bases de datos utilizando SQL Server 2008 R2. Es especialmente útil para aquellos que buscan profundizar en la administración de bases de datos y optimizar su desempeño.

Así mismo, Castillo, Medina Quispe y Fariña Molina (2018) presentan una metodología integral para el desarrollo de procesos de data warehousing. Esta metodología integra diversos enfoques, técnicas y metodologías, tales como la especificación de requisitos de información, modelamiento relacional, y un proceso aumentado de extracción-transformación-carga que incorpora una fase de

validación de indicadores. El artículo también destaca la importancia de las visualizaciones integradas e interactivas para el análisis multidimensional de los indicadores obtenidos. La metodología propuesta no solo se basa en aspectos teóricos, sino también en la experiencia lograda por el equipo investigador en el desarrollo de diversos proyectos de data warehousing, principalmente orientados a la generación de indicadores de productividad académica y gestión universitaria. Este enfoque es relevante para el proyecto, ya que proporciona una guía práctica para implementar procesos de data warehousing de manera efectiva y eficiente.

En el libro "SQL: Los fundamentos del lenguaje" de Eric Godoc (2014), se ofrece una introducción completa al lenguaje SQL (Structured Query Language) dirigida a desarrolladores e informáticos principiantes. El libro abarca desde los conceptos básicos hasta técnicas más avanzadas, incluyendo la creación y manipulación de bases de datos, consultas complejas, y la gestión de transacciones y seguridad de datos. Este libro es una excelente referencia para aquellos que desean familiarizarse con SQL y desarrollar habilidades prácticas para trabajar con bases de datos relacionales.

Según Mejía Caballero (2009) presenta una metodología para la asignación de horarios de clases universitarias utilizando algoritmos evolutivos. Este enfoque se aplica al programa de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de La Guajira. La tesis describe cómo se formuló matemáticamente el problema, definiendo restricciones obligatorias y deseables, así como las variables de decisión y el criterio de optimización. El estudio muestra que los algoritmos evolutivos pueden encontrar soluciones muy buenas dentro de un margen de error relativo, y que el tiempo computacional es sorprendentemente bajo, menor de 10 minutos, esto hace que esta técnica sea una opción conveniente en la práctica. Este trabajo es relevante para el proyecto, ya que ofrece una solución práctica y eficiente para la optimización de horarios de clases, lo cual puede ser aplicado a la formulación del modelo de optimización de mallas horarias.

En su tesis de doctorado, Miranda Pino (2014) presenta modelos de optimización para la programación de horarios y la asignación de salas de clase en universidades. El trabajo se centra en la planificación de la capacidad y la administración de actividades académicas, abordando tanto el corto plazo como el largo plazo. Para el corto plazo, Miranda Pino propone modelos de optimización basados en patrones que facilitan la utilización de paquetes comerciales para resolver

problemas de programación de horarios y asignación de salas de clase. Para el largo plazo, se presenta un enfoque que utiliza modelos predictivos para planificar la capacidad y hacer frente a cambios en las matrículas. Este trabajo es relevante para el proyecto, ya que ofrece soluciones prácticas y eficientes para la optimización de mallas horarias.

En su trabajo de fin de carrera, Bolívar García (2017) investiga cómo diseñar horarios en redes metropolitanas de transporte ferroviario que minimicen el consumo energético. El proyecto se centra en la planificación de redes y servicios de transporte ferroviario, utilizando estrategias de optimización para reducir el consumo de energía y los costos asociados. El estudio incluye el desarrollo de un modelo matemático parametrizable que simula el recorrido de una línea metropolitana de transporte ferroviario, tanto de ida como de vuelta. El objetivo es diseñar horarios eficientes que ofrezcan un servicio competente con el menor consumo y coste posible, al mismo tiempo que satisfacen la demanda de los usuarios. Este enfoque es relevante para el proyecto, ya que proporciona una metodología para optimizar los horarios de transporte, lo cual puede ser aplicado a la optimización de mallas horarias.

En su tesis de licenciatura, Ottati Vélez y Cordero Molina (2018) presentan un modelo de programación lineal binaria entera para la asignación de horarios de clase en la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del Azuay. El modelo propuesto busca optimizar la asignación de recursos y mejorar la eficiencia en la programación de clases, abordando tanto restricciones obligatorias como deseables. El estudio destaca la formulación matemática del problema, la implementación del modelo utilizando herramientas de optimización y la validación del modelo a través de casos prácticos. Los resultados demuestran que el modelo puede generar soluciones eficientes en un tiempo computacional aceptable, mejorando significativamente la planificación académica y la utilización de recursos en la universidad. Este trabajo es relevante para el proyecto, ya que proporciona una metodología para optimizar la programación de horarios, lo cual puede ser aplicado al modelo de optimización de mallas horarias.

En esta publicación técnica, Ramos, Sánchez, Ferrer, Barquín y Linares (2010) presentan una serie de modelos matemáticos de optimización. El documento abarca diversos enfoques y técnicas de optimización, incluyendo la formulación de problemas, la codificación de restricciones y la

implementación de algoritmos para encontrar soluciones óptimas. Este recurso es valioso para el proyecto, ya que proporciona una base sólida sobre la teoría y práctica de la optimización, lo cual es fundamental para formular el modelo de mallas horarias.

En su libro "Optimización", Guillermo Jiménez Lozano (2009) ofrece una introducción completa a la teoría y práctica de la optimización. El texto abarca una amplia gama de temas, incluyendo la investigación de operaciones, la programación lineal, la programación entera, y la programación dinámica. También se discuten modelos de redes y teoría de decisiones en ambientes de certeza, incertidumbre y riesgo. Este libro es una excelente referencia para comprender los fundamentos y técnicas avanzadas de la optimización, lo cual es fundamental para el modelaje y desarrollo del modelo de mallas horarias.

En su trabajo, Labora Gómez (2023) desarrolla un modelo de unit-commitment (UC) utilizando Python y la librería Pyomo. El objetivo principal del proyecto es crear una herramienta de software que permita a los usuarios interactuar con el modelo de optimización del UC en tiempo real a través de una interfaz web. El proyecto incluye varias etapas: una revisión exhaustiva de la literatura existente sobre UC, el desarrollo y formulación del modelo de optimización, la implementación de la interfaz web utilizando tecnologías modernas de computación en la nube como Colab y Binder, y la verificación del modelo mediante un modelo de referencia. Este enfoque es relevante para el proyecto, ya que proporciona una metodología para optimizar la programación de horarios utilizando herramientas modernas y accesibles.

4. Metodología

La metodología para llevar a cabo el proyecto se divide en 5 fases, cada fase se centra en el cumplimiento de un objetivo específico, para ello se especifican las siguientes actividades:

En la fase inicial, se establece el marco general del proyecto mediante la formulación de preguntas clave relacionadas con la capacidad de los puntos de atención. Estas preguntas guían el desarrollo del trabajo, orientando los análisis y soluciones a proponer. Así mismo, se realiza la planificación detallada del proyecto, que incluye la elaboración de un cronograma con actividades, recursos necesarios y entregables definidos. El producto de esta fase es una guía estructurada que permite organizar y gestionar las tareas a lo largo del desarrollo del proyecto.

La segunda fase se enfoca en la preparación de los datos necesarios para los análisis posteriores. Se diseñan y ejecutan consultas en SQL para extraer información relevante de las bases de datos empresariales, asegurando que estos datos reflejen la capacidad operativa de los puntos de atención, por lo que asumiremos que los datos extraídos de la empresa son correctos y no se intervendrá en los mismos, posteriormente, se realiza un proceso de limpieza y depuración de los datos para corregir errores, eliminar valores nulos o inconsistentes y dejarlos listos para su análisis. Como resultado, se obtienen bases de datos limpias y estructuradas que sirven de insumo para las fases siguientes.

En la tercera fase, se lleva a cabo un análisis de datos enfocado en la capacidad, ocupación y desempeño de los puntos de atención. Este análisis utiliza herramientas de Excel y toma como base los datos recopilados en la fase anterior. Se consideran indicadores clave para los puntos de atención durante un periodo de tres meses (abril, mayo y junio). A partir de parámetros de tiempo previamente establecidos, se calcula el promedio de duración de cada proceso en los puntos de atención. Estos cálculos permiten determinar la capacidad instalada y ocupada para cada periodo, permitiendo identificar patrones y diferencias significativas en los datos. Además, se evalúa el nivel de cumplimiento de metas operativas, contrastando los resultados con la capacidad de cada punto de atención. Finalmente, como producto de esta fase, se dan respuesta a las preguntas planteadas en la primera fase (relacionadas a capacidad), los resultados del análisis se presentan en un archivo consolidado de Excel, que incluye indicadores clave de capacidad y desempeño. Este archivo

permite identificar desequilibrios entre la capacidad instalada y ocupada, sirviendo como base para formular conclusiones y recomendaciones prácticas. Estas observaciones proporcionan una visión clara sobre las oportunidades de mejora y orientan la optimización de la gestión de recursos en la entidad financiera.

En la cuarta fase, se formula un modelo de optimización multivariable que busca proponer mejoras en la asignación de mallas horarias para los puntos de atención. Este modelo, desarrollado en Python, utiliza como insumo cuatro bases de datos principales, detalladas a continuación:

1. **BDmallas:** Contiene información detallada hora a hora, que incluye pronósticos sobre indicadores clave como capturas, tráfico y otros, para cada día del mes. Esta base de datos permite identificar las horas más productivas facilitando al modelo formar franjas horarias y turnos entre las horas más productivas de cada día del mes.
2. **BDplanta:** Proporciona datos sobre los ejecutivos, sus cargos y los canales a los que pertenecen. Esto ayuda al modelo a identificar los ejecutivos disponibles para cada canal y asignarlos entre los turnos, considerando su rol específico y diferenciando entre tipos de ejecutivos.
3. **BDnovedades:** Incluye información sobre ausencias y novedades de los ejecutivos, indicando fechas de inicio y fin. Esto permite al modelo ajustar la asignación de turnos de acuerdo con la disponibilidad real del personal, teniendo en cuenta estas ausencias de personal.
4. **BDgerentes:** Contiene información sobre los gerentes y los canales que tienen asignados, facilitando la organización de las plantillas para que los gerentes puedan asignar ejecutivos a los turnos de manera ordenada.

Las bases de datos se procesan y ajustan en archivos de Excel para integrarse fácilmente con el entorno local donde se ejecuta el modelo en Python. Este modelo considera múltiples factores, como restricciones específicas (horarios de apertura y cierre, descansos obligatorios, número de horas laborales por fecha, etc.) e indicadores clave de desempeño. De manera dinámica, asigna turnos horarios, priorizando aquellos con mayor productividad y asegurando que los puntos de atención estén operativos, incluso en fechas con recursos limitados.

El modelo también garantiza una distribución eficiente de los ejecutivos, por medio de Turnos horarios, que permiten que sea asignando más personal a las horas de mayor productividad y

distribuyendo los descansos para que el servicio no se interrumpa. En puntos de atención con un solo ejecutivo, el modelo ajusta la programación para cumplir con las restricciones y asignar el personal disponible de acuerdo con la capacidad y horarios de apertura y cierre de cada punto de atención.

Los productos finales de esta fase incluyen:

- Modelo de optimización formulado.
- Un script de Python que implementa el modelo formulado.
- Un archivo de Excel con las mallas horarias óptimas para todos los puntos de atención, considerando cada fecha del mes.
- Una plantilla organizada por gerente que facilita la asignación de ejecutivos a los turnos y mallas horarias propuestas por el modelo, para facilitar a los gerentes la asignación de ejecutivos.

Este modelo garantiza un balance entre productividad, cumplimiento de metas y eficiencia operativa en los puntos de atención, validándose en escenarios reales para su aplicación.

En la quinta y última fase, se integran los hallazgos del análisis de capacidad y las conclusiones del modelo de mallas horarias para generar recomendaciones finales, lo que permite identificar oportunidades de mejora y validar la coherencia entre las soluciones propuestas y las necesidades operativas reales. El resultado de esta fase es un conjunto de conclusiones y recomendaciones finales que resume los logros del proyecto y plantean estrategias para su implementación efectiva, así como recomendaciones de próximos pasos para sacarle aun mayor provecho a los resultados del proyecto.

5. Análisis de resultados

A continuación, se presentarán los resultados de la metodología propuesta, así como las conclusiones y el cumplimiento de cada fase del proyecto, que corresponde a cada objetivo específico propuesto.

5.1 Fase 1: Definir y planificar el proyecto

En esta fase inicial, las preguntas clave planteadas, son esenciales para orientar el desarrollo del proyecto y garantizar que las soluciones propuestas respondan de manera directa a las necesidades y objetivos planteados. Estas preguntas guían el análisis y la toma de decisiones en cada fase, estableciendo un marco claro que asegura la relevancia y el enfoque del trabajo. A continuación, se presentan las preguntas que se abordarán a lo largo del proyecto:

Preguntas relacionadas al análisis de Capacidad:

1. ¿Cómo podemos calcular la capacidad instalada y ocupada de cada punto de atención?
2. ¿Existen diferencias significativas entre la capacidad instalada y ocupada de algunos puntos de atención?
3. ¿Qué factores explican las diferencias entre la capacidad instalada y la ocupada en los puntos de atención?
4. ¿Existe relación entre la ocupación de la capacidad con el cumplimiento de metas de servicio?
5. ¿Qué estrategias se pueden implementar para equilibrar la capacidad instalada y ocupada?
6. ¿Qué próximos pasos podrían recomendarse a futuro para este análisis de capacidad?

Preguntas relacionadas al modelo de mallas horarias:

7. ¿Qué se busca maximizar o minimizar en el modelo de optimización de mallas horarias?
8. ¿Qué impacto tendría la implementación del modelo en los recursos de los puntos de atención?
9. ¿Cuáles son los principales desafíos en la implementación del modelo de mallas horarias?
10. ¿Qué métricas pueden utilizarse para evaluar la efectividad del modelo de mallas horarias?
11. ¿Cuáles son las principales diferencias entre las mallas horarias actuales y las propuestas por el modelo?

12. ¿Cómo se puede validar la efectividad del modelo ?

Responder estas preguntas permitirá identificar los desequilibrios en la asignación de recursos en términos de capacidad y apoyar el enfoque del modelo de optimización de mallas horarias, diseñado para abordar tanto los aspectos técnicos como los operativos que influyen en la asignación de horarios en los puntos de atención. Estas interrogantes no solo guían el desarrollo y la implementación del modelo, sino que también ayudan a identificar oportunidades de mejora derivadas de su aplicación. Asimismo, permiten evaluar el impacto potencial del modelo en la gestión de recursos y los desafíos asociados con su implementación en un entorno real. A partir de estas preguntas, se establece un marco analítico que facilita la evaluación de la efectividad del modelo y asegura su alineación con los objetivos estratégicos de la entidad financiera.

El cronograma de actividades constituye una herramienta fundamental para organizar y gestionar cada etapa del proyecto. Este incluye los objetivos específicos, las actividades a realizar, los recursos necesarios y los productos esperados, distribuidos a lo largo de un periodo de 4 meses. Como se muestra en la siguiente tabla, se establece un plan estructurado que facilita el cumplimiento de los entregables en los tiempos estimados, asegurando un desarrollo ordenado y eficiente del proyecto. A continuación, se presentan el cronograma (Tabla 1):

Tabla 1. Cronograma del proyecto

Fase	Objetivos específicos	Actividades	Recursos	MESES				Producto
				1	2	3	4	
1	Definición y Planificación del Proyecto	Plantear preguntas que se desee buscar respuesta relacionadas a la capacidad de los puntos de atención	Estudiante en practica					Preguntas que se deseen solucionar con el desarrollo del proyecto
		Establecer un cronograma de actividades, recursos y definición de entregables.	Estudiante en practica					Planificacion de actividades y entregables del proyecto.
2	Diseño y Preparación de Datos	Crear consultas SQL necesarias para extraer los datos relevantes de la base de datos de la empresa.	Estudiante en practica y equipo corporativo					Consultas SQL que organizan los datos necesarios para llevar a cabo analisis posteriores
		Limpieza de datos para eliminar errores, nulos o inconsistencias y prepararlos para análisis posteriores.	Estudiante en practica y equipo corporativo					Bases de datos limpias con informacion relacionada a los diferentes puntos de atencion.
3	Desarrollo de analisis de capacidad en los puntos de atencion	Llevar a cabo un analisis de capacidad en los puntos de atencion Utilizando Excel	Estudiante en practica y equipo corporativo					Archivo de Excel con datos históricos y el cálculo de la capacidad instalada y su ocupación en los diferentes puntos de atención, que permite identificar patrones en los datos en términos de capacidad y cumplimiento de metas.
		Redactar conclusiones y recomendaciones basadas en el análisis de capacidad	Estudiante en practica y equipo corporativo					Conclusiones de capacidad, donde se concluye sobre los diferentes esenarios en terminos de capacidad
4	Formular un modelo de optimización de mallas horarias para los puntos de atención.	Formular un modelo de optimizacion que permita optimizar las mallas horarias de los diferentes puntos de atencion.	Estudiante en practica					Modelo de optimizacion formulado
		Limpieza y organización de bases datos para eliminar errores, nulos o inconsistencias y prepararlos para utilizarlos en el modelo de optimizacion en python	Estudiante en practica y equipo corporativo					Bases de datos limpias para utilizar en el modelo
		Script de python que permita la implementacion del modelo de optimizacion propuesto.	Estudiante en practica y equipo corporativo					Script de python con el modelo de optimizacion propuesto.
		Validar la consistencia y aplicabilidad en la realidad de las salidas del modelo	Estudiante en practica y equipo corporativo					Validacion del modelo, donde se verifique que el modelo nos da resultados posibles aplicables en el día a día.
5	Analisis de resultados	Redactar conclusiones y recomendaciones basadas en las salidas del modelo de mallas horarias.	Estudiante en practica y equipo corporativo					Conclusiones del modelo de Mallas horarias
		Contrastar los resultados del analisis de capacidad y las conclusiones del modelo de mallas para dar recomendaciones finales	Estudiante en practica y equipo corporativo					Conclusiones finales del proyecto

Fuente: Elaboración propia

El cronograma detalla la secuencia lógica de actividades, permitiendo identificar las dependencias entre fases y asignar responsabilidades de manera adecuada. Su diseño asegura que los recursos estén disponibles en cada etapa, desde la formulación de preguntas clave hasta la validación del modelo de optimización. Este plan garantiza un avance progresivo y alineado con los objetivos del proyecto, logrando resultados que responden a las necesidades planteadas inicialmente.

5.2 Fase 2: Diseñar y preparar los datos para su posterior análisis.

En esta etapa, se inició preparando los datos necesarios para llevar a cabo un análisis de la capacidad en los puntos de atención. Esto implicó la extracción, limpieza y estructuración de la información relevante desde las bases de datos de la entidad financiera. El siguiente código SQL extrae información consolidada para analizar la capacidad de los puntos de atención. Combina datos de dos tablas principales (BDP.resumen_total y BDP.agrupa_final) mediante una unión externa izquierda (LEFT JOIN), vinculando registros basados en el canal y la fecha de corte. Selecciona múltiples métricas clave, como capturas totales, tarjetas, seguros, créditos y alternativas

ofrecidas o aplicadas, junto con los presupuestos asociados a cada categoría. Además, utiliza la función IFNULL para asegurar que los valores faltantes se representen como ceros. La consulta filtra los datos para incluir solo aquellos que pertenecen a la agrupación "PA" (punto de atención), con una fecha de corte igual o posterior al 30 de abril de 2024 (al momento de ejecutar la consulta esto incluye los datos de abril, mayo y junio) y cuyo estado sea activo (estado_total = 0). Este conjunto de datos es fundamental para calcular indicadores de capacidad y cumplimiento en los puntos de atención, proporcionando una base sólida para el análisis y la toma de decisiones.

Figura 1. Consulta SQL para Capacidad

```
1 SELECT
2 datos1.fecha_corte,
3 datos1.canal,
4 datos1.nombre_canal,
5 datos1.region_zona,
6 datos1.p_aprob AS aprobacion,
7 ifnull(datos1.cap_t, 0) AS capturas_totales,
8 ifnull(datos1.num_tarj, 0) AS tarjetas,
9 ifnull(datos1.num_seg, 0) AS seguros,
10 ifnull(datos2.alt_ofr, 0) AS alternativas_ofrecidas,
11 ifnull(datos2.alt_apl, 0) AS alternativas_aplicadas,
12 ifnull(datos1.cred, 0) AS creditos,
13 ifnull(datos1.cap_t_cred, 0) AS capturas_totales_creditos,
14 ifnull(datos1.presup_cap_mes, 0) AS presupuesto_capturas_tarjetas,
15 ifnull(datos1.presup_tarj, 0) AS presupuesto_tarjetas,
16 ifnull(datos1.presup_seg, 0) AS presupuesto_seguros,
17 ifnull(datos1.presup_cred, 0) AS presupuesto_creditos,
18 ifnull(datos2.meta_alt_apl, 0) AS presupuesto_alternativas
19 FROM BDP.resumen_total datos1
20 LEFT JOIN (SELECT * FROM BDP.agrupa_final WHERE agrupa = 'PA' AND estado_total = 0) datos2
21 ON (datos1.canal = datos2.canal AND datos1.fecha_corte = datos2.fecha_corte)
22 WHERE datos1.agrupa_dato = 'PA'
23 AND datos1.fecha_corte >= '2024-04-30'
24 AND datos1.estado_total = 0;
```

Fuente: Elaboración propia

Como resultado de esta consulta, se obtuvo un conjunto de datos consolidado que sirve como insumo clave para los análisis posteriores, asegurando que los datos utilizados sean consistentes, completos y alineados con los objetivos planteados en el proyecto.

Por otro lado, además de la información utilizada para el análisis de capacidad, se realizó una extracción directa desde la base de datos “BDP.BD_MEJORES_HORAS” mediante la consulta SQL presentada a continuación:

Figura 2. Consulta SQL para modelo de mallas

```
1 SELECT * FROM BDP.BD_MEJORES_HORAS
```

Fuente: Elaboración propia

Esta base de datos contiene información recolectada hora a hora para cada punto de atención, incluyendo métricas clave como capturas de clientes, tráfico, y otros indicadores esenciales. Estos datos representan un insumo fundamental para el desarrollo del modelo de mallas horarias, ya que permiten identificar en que horas se presenta una mayor o menor demanda, así como el tráfico de personas en los puntos de atención. En este orden de ideas, esta base de datos se exporto a un archivo de Excel y se eliminaron los datos cuyas filas en la columna “canal” (código punto de atención) fuera “<null>” (estos son los nulos que se obtuvieron a través de la consulta SQL mencionada en la Figura 2), lo anterior mencionado se aplicó directamente en el entorno de Phyton, para su posterior aplicación en la fase 4, de la siguiente manera:

Figura 3. Eliminando nulos de SQL en Python

```
# Cargar la base de datos
df = pd.read_excel('BDmallas.xlsx') #datos mallas
# Eliminar filas donde 'canal' es '<null>'
df = df[df['canal'] != '<null>']
```

Fuente: Elaboración propia

Resaltando que todos los archivos relacionados al modelo de mallas horarias se encontraran en una misma carpeta (razón por la cual no es necesario agregar una ruta, sino que podemos llamar directamente al archivo para subirlo al entorno de ejecución en Python).

A partir de este punto ya contamos con las bases de datos que sirven de insumo para llevar a cabo los análisis en las siguientes fases del proyecto.

5.3 Fase 3: Llevar a cabo un análisis de capacidad para los puntos de atención.

Esta fase, inicio buscando respuesta a la pregunta 1 establecida en la primera fase del proyecto: “¿Cómo podemos calcular la capacidad instalada y ocupada de cada punto de atención?”. Para responder a esta pregunta, se estableció un enfoque metodológico basado en el uso de parámetros de tiempo promedio asociados a los procesos realizados en los puntos de atención. Estos parámetros incluyen actividades como capturas, emisión de tarjetas, seguros, alternativas y créditos, que fueron previamente definidos y estandarizados para garantizar la precisión en los cálculos como se muestra a continuación en la Tabla 2:

Tabla 2. Parámetros de Tiempos

PROCESO	TIEMPO PROMEDIO (Minutos)
CAPTURAS	15
TARJETAS	21
SEGUROS	19
ALTERNATIVAS	20
CREDITOS	20

Fuente: Elaboración propia

Estos parámetros de tiempo promedio son fundamentales para estimar la capacidad ocupada en función del flujo de actividades de los puntos de atención.

Para calcular la capacidad ocupada se utilizó la siguiente formula:

$$Capacidad\ Ocupada = \sum_{k=0}^n Producto\ Colocado_i * Tiempo\ Estimado_n$$

Ecuación 1. Formula de capacidad ocupada

Para calcular la capacidad instalada se utilizó la siguiente fórmula:

Capacidad instalada

$$= Presencia\ real * (\% \text{ Tiempo Productivo}) * Dias\ laborales \\ * Horas\ laborales * Minutos$$

Ecuación 2. Formula de capacidad instalada

Donde la presencia real son los registros de trabajo del mes, el porcentaje de tiempo productivo es un porcentaje fijo del 85% (1- % Tiempo muerto), considerando un tiempo muerto de 15%, las horas laborales 7 y minutos 60.

Así mismo, las variables que intervienen en el análisis de capacidad son las siguientes:

- Capacidad instalada de los puntos de atención
- Productividad y servicios mes e histórica
- Participación de la ocupación por cargo
- Distribución de tiempos (Venta y Servicio)
- Porcentaje de ocupación estimado

Los resultados de esta fase los evidenciamos a continuación, por partes debido a lo extenso del documento de Excel:

Al abrir el archivo de Excel se evidencia, en las primeras columnas, la fecha de corte, canal, nombre del canal y el porcentaje de aprobación de productos, seguido de los procesos que se llevaron a cabo en cada periodo, así como los presupuestos que hacen referencia a las metas que se esperaban obtener en dicho periodo, por temas de confidencialidad no se muestran valores reales sobre los puntos de atención, siendo esta una simulación de lo obtenido en el análisis:

Tabla 3. Formato indicadores reales y presupuestados

Corte	canal	nombre_canal	aprobacion	Reales					Presupuesto					
				capturas	tarjetas	seguros	alternativas	creditos	capturas	tarjetas	seguros	alternativas	creditos	
30/04/2024	1	TIENDA 1	23,59%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30/05/2024	1	TIENDA 1	23,79%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30/06/2024	1	TIENDA 1	13,72%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30/04/2024	2	TIENDA 2	15,53%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30/05/2024	2	TIENDA 2	19,46%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30/06/2024	2	TIENDA 2	15,60%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30/04/2024	3	TIENDA 3	18,71%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30/05/2024	3	TIENDA 3	18,25%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30/06/2024	3	TIENDA 3	18,40%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Si nos desplazamos más a la derecha sobre el archivo de Excel, observamos la presencia de planta ajustada, que nos indica cuantos ejecutivos atendieron el punto de atención en el mes, se tiene en cuenta las ausencias, es decir que si tenemos un valor de 3.5 es porque para ese punto de atención, puede que tenga asignado 4 ejecutivos, pero puede que uno solo estuvo presente la mitad del tiempo

mes, por lo que este contaría solo como 0.5. También notaremos las columnas de capacidad ocupada por cargo, que nos indican cuantos minutos se utilizaron para llevar a cabo procesos de comercial o servicios (así como la el porcentaje de participación de los mismos para cada fecha de corte de cada punto de atención, así como un desglose del mismo, es decir, podemos observar de ese tiempo que se ocupó para esos procesos (capacidad ocupada real), cuanto tiempo estuvo ocupado en capturas, cuanto en tarjetas, cuanto en créditos y cuanto en servicios, así como la capacidad ocupada planeada, la cual es calculada a partir de los presupuestos de cumplimiento mencionados en el párrafo anterior.

Tabla 4. Capacidad ocupada por cargo (minutos)

Presencia Planta ajustada		Capacidad ocupada (Minutos)		Capacidad ocupada (real)					Capacidad ocupada (planeado)					PARTICIPACION			
Comercial	Servicio	Capacidad Comercial	Capacidad Servicio	capturas	tarjetas	seguros	alternativas	creditos	SERVICIO	capturas	tarjetas	seguros	alternativas	creditos	SERVICIO	Comercial	Servicio
2.8	2.7	19240	39571	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	67%	33%
2.6	2.5	35996	14601	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12%	88%
3.1	2.9	32771	4644	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	83%	17%
2.6	2.8	8116	23346	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2%	98%
2.3	2.4	26074	34878	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	93%	7%
3.4	2.7	33658	26125	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14%	86%
3.0	3.0	27730	7194	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	71%	29%
1.0	1.9	35815	26175	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8%	92%
1.1	2.2	30572	30234	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	72%	28%
2.2	1.8	25880	29115	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6%	94%
1.9	1.3	20902	30884	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3%	97%
1.6	1.0	22972	28585	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	62%	38%
1.0	2.3	10385	18004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	93%	7%
2.0	1.3	12790	8848	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	79%	21%
1.7	1.6	21869	22305	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30%	70%
1.0	4.0	18425	8581	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24%	76%
2.0	4.0	50419	12074	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37%	63%
3.0	2.4	20273	34472	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	84%	16%
3.3	2.3	29917	20191	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38%	62%
3.4	2.3	20051	20047	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7%	93%
2.2	3.1	22226	12455	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	72%	28%
2.7	2.6	49795	21383	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34%	66%
3.0	3.8	5682	25808	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	67%	33%

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, continuando el desplazamiento por el archivo de Excel, encontramos los cálculos correspondientes a la Capacidad instalada de planta (uniendo la capacidad de comercial con la de servicio), y los cálculos de Capacidad Ocupada (que se calculan a partir de los productos ofrecidos como se indica en la formula al inicio de la fase), la Capacidad Disponible se calcula a partir de la diferencia entre la capacidad instalada y la capacidad ocupada. Con estos valores ya calculados se calcula la diferencia en porcentaje entre ellos. Así mismo se calculan los presupuestos de capacidad ocupada (a partir de las metas propuestas para el punto atención, esa es la capacidad que debería estar ocupando cada punto si se cumplen las metas propuestas). En este orden de ideas se obtiene la columna que presenta la diferencia en porcentaje entre la capacidad ocupada real y la presupuestada.

Tabla 5. Porcentajes de capacidad Ocupada Real, Presupuestada y su Diferencia.

nombre_can	Distribucion de Tiempo		Capacidad instalada (planta)	Utilización Real de Capacidad			Presupuesto de utilización de Capacidad			Diferencia % Utilizacion de capacidad Real vs Presupuesto
	% Vel	% Servicios atendid		Cap. Ocupa	Cap. Disponi	% Cap. Ocupa	Ppto. Cap. Ocupa	Ppto. Cap. Disponi	Ppto. % Cap ocupa	
TIENDA 84	47%	53%	43383	33459	9924	77,12%	39103	-4280	90,13%	18,01%
TIENDA 107	94%	6%	62890	47933	14957	76,22%	61473	-1417	97,75%	21,58%
TIENDA 361	23%	77%	39805	39351	454	98,86%	43260	3455	108,68%	9,82%
TIENDA 32	79%	21%	36130	21113	15017	58,44%	37127	997	102,76%	4,32%
TIENDA 69	9%	91%	55362	47284	8078	85,41%	43289	-12073	78,19%	7,22%
TIENDA 67	91%	9%	56721	52511	4210	92,58%	41102	-15619	72,46%	20,11%
TIENDA 185	70%	30%	46261	38511	7750	83,25%	47570	1309	102,83%	18,58%
TIENDA 390	71%	29%	40605	37807	2798	93,11%	49345	8740	121,52%	28,41%
TIENDA 452	73%	27%	46329	65111	-18782	140,54%	42288	-4041	91,28%	9,26%
TIENDA 299	82%	18%	69854	71736	-1882	102,69%	67336	-2518	96,40%	5,30%
TIENDA 265	37%	63%	61320	44780	16540	73,03%	89545	28225	146,03%	73,00%
TIENDA 521	1%	99%	41529	49745	-8216	119,78%	48509	6980	116,81%	2,98%
TIENDA 347	76%	24%	25302	24738	564	97,77%	27313	2011	107,95%	10,18%
TIENDA 380	9%	91%	70359	72541	-2182	103,10%	74942	4583	106,51%	3,41%
TIENDA 515	20%	80%	28473	34471	-5998	121,06%	32373	3900	113,70%	7,37%
TIENDA 58	71%	29%	55218	39352	15866	71,27%	50869	-4349	92,12%	20,86%
TIENDA 460	50%	50%	50753	59270	-8517	116,78%	53932	3179	106,26%	10,52%
TIENDA 113	46%	54%	57787	50577	7210	87,52%	49312	-8475	85,33%	1,19%
TIENDA 482	59%	41%	66979	76510	-9531	114,23%	74538	7559	111,29%	2,94%
TIENDA 400	8%	92%	56569	89588	-33019	158,37%	45403	-11166	80,26%	28,11%
TIENDA 13	58%	42%	31366	27620	3746	88,06%	15563	-15803	49,62%	38,44%

Fuente: Elaboración propia

A partir de este punto ya estaría finalizado el archivo de Excel que permite conocer la capacidad de cada punto de atención, así como la posible diferencia entre los presupuestos de utilización presentados y la utilización real de la capacidad.

Para concluir brevemente sobre los resultados de esta fase, se evalúan tres escenarios presentados a continuación:

- **Diferencia Mínima entre Capacidad Ocupada Real y Presupuestada**

Tabla 6. Escenarios de diferencia mínima entre capacidad Ocupada Real y Presupuestada

TIENDA	Distribucion de Tiempo		Capacidad instalada (planta)	Utilización Real de Capacidad			Presupuesto de utilización de Capacidad			Diferencia % Utilizacion de capacidad Real vs Presupuesto
	% Vel	% Servicios atendid		Cap. Ocupa	Cap. Disponi	% Cap. Ocupa	Ppto. Cap. Ocupa	Ppto. Cap. Disponi	Ppto. % Cap ocupa	
TIENDA 210	20%	80%	41739	39095	2644	93,67%	39435	-2304	94,48%	0,81%
TIENDA 165	57%	43%	40842	36830	4012	90,18%	37310	-3532	91,35%	1,18%
TIENDA 117	68%	32%	35116	30238	4878	86,11%	30666	-4450	87,33%	1,22%
TIENDA 288	55%	45%	43107	41738	1369	96,83%	42354	-753	98,25%	1,43%
TIENDA 306	15%	85%	34664	34453	211	99,39%	35060	396	101,14%	1,75%
TIENDA 468	7%	93%	29260	32413	-3153	110,78%	32936	3676	112,56%	1,79%
TIENDA 518	59%	41%	46127	53797	-7670	116,63%	54641	8514	118,46%	1,83%
TIENDA 481	16%	84%	33009	36823	-3814	111,56%	37472	4463	113,52%	1,96%
TIENDA 491	24%	76%	52671	59662	-6991	113,27%	60754	8083	115,35%	2,07%
TIENDA 209	92%	8%	46533	43237	3296	92,92%	44264	-2269	95,12%	2,21%
TIENDA 382	43%	57%	23507	24377	-870	103,70%	24947	1440	106,13%	2,42%

Fuente: Elaboración propia

Este escenario indica que el presupuesto está bien ajustado y refleja de manera precisa la realidad operativa del punto de atención. Esto sugiere un equilibrio óptimo entre la capacidad instalada, la demanda de servicios y el uso de los recursos. Para estos puntos de atención que presentan este comportamiento se recomienda lo siguiente:

1. Mantener el monitoreo periódico para garantizar que este ajuste se mantenga a lo largo del tiempo.
2. Continuar utilizando los mismos parámetros y metodología de presupuesto, asegurándose de actualizar las métricas de manera regular para adaptarse a posibles cambios en la operación.
3. Realizar revisiones semestrales para ajustar los presupuestos en función de tendencias estacionales o variaciones de mercado.

- **Capacidad Ocupada Real Mayor a la Presupuestada**

Tabla 7. Escenarios donde la Capacidad ocupada Real es mayor a la presupuestada.

nombre_canal	Distribucion de Tiempo		Capacidad instalada (planta)	Utilización Real de Capacidad			Presupuesto de utilización de Capacidad			Diferencia % Utilización de capacidad Real vs Presupuesto
nombre_canal	% Vel	% Servicios atendid		Cap. Ocupai	Cap. Disponil	% Cap. Ocupai	Ppto. Cap. Ocupai	Ppto. Cap. Disponil	Ppto. % Cap ocupai	
TIENDA 269	11%	89%	52037	82582	-30545	158,70%	36758	-15279	70,64%	-8,06%
TIENDA 249	97%	3%	72378	111121	-38743	153,53%	51001	-21377	70,47%	-3,06%
TIENDA 1	96%	4%	59256	64668	-5412	109,13%	16994	-42262	28,68%	-30,45%
TIENDA 512	28%	72%	50204	85178	-34974	169,66%	44861	-5343	89,36%	-30,31%
TIENDA 400	8%	92%	56569	89588	-33019	158,37%	45403	-11166	80,26%	-78,11%
TIENDA 54	96%	4%	50165	64217	-14052	128,01%	29118	-21047	58,04%	-59,97%
TIENDA 38	64%	36%	15069	18818	-3749	124,88%	8318	-6751	55,20%	-49,68%
TIENDA 118	3%	97%	55780	74194	-18414	133,01%	35885	-19895	64,33%	-38,68%
TIENDA 202	89%	11%	58237	80813	-22576	138,77%	41032	-17205	70,46%	-48,31%
TIENDA 291	74%	26%	66649	95786	-29137	143,72%	50308	-16341	75,48%	-58,24%
TIENDA 451	40%	60%	35878	55099	-19221	153,57%	31031	-4847	86,49%	-47,09%
TIENDA 82	34%	66%	81940	105001	-23061	128,14%	50223	-31717	61,29%	-66,85%
TIENDA 24	38%	62%	64058	75220	-11162	117,42%	33180	-30878	51,80%	-45,63%

Fuente: Elaboración propia

Este escenario refleja que la demanda de servicios supera lo estimado, lo cual puede provocar saturación de recursos, tiempos de espera elevados y una menor calidad en el servicio ofrecido. Se recomienda aplicar las siguientes recomendaciones:

1. Corto plazo: Implementar ajustes operativos inmediatos, como redistribuir personal o recursos de puntos de atención con menor demanda hacia los que presentan sobrecarga.
2. Mediano plazo: Revisar los parámetros de tiempo promedio y las proyecciones de demanda, ajustando los presupuestos para reflejar mejor la realidad operativa.
3. Largo plazo: Evaluar la posibilidad de aumentar la capacidad instalada, ya sea contratando más personal, ampliando la infraestructura o utilizando herramientas tecnológicas para optimizar procesos.

- **Capacidad Ocupada Real Menor a la Presupuestada**

Tabla 8. Escenarios donde la Capacidad ocupada Real es menor a la presupuestada.

nombre_canal	Distribucion de Tiempo		Capacidad instalada (planta)	Utilización Real de Capacidad			Presupuesto de utilización de Capacidad			Diferencia % Utilización de capacidad Real vs Presupuesto
TIENDA 247	63%	37%	59820	41154	18666	68,80%	96491	36671	161,30%	92,51%
TIENDA 6	95%	5%	50370	18548	31822	36,82%	58965	8595	117,06%	80,24%
TIENDA 98	24%	76%	54521	33384	21137	61,23%	75251	20730	138,02%	78,79%
TIENDA 20	63%	37%	42651	20590	22061	48,28%	53150	10499	124,62%	78,34%
TIENDA 25	1%	99%	54145	27753	26392	51,26%	68145	14000	125,86%	74,60%
TIENDA 114	43%	57%	54718	34651	20067	63,33%	74876	20158	136,84%	78,51%
TIENDA 265	37%	63%	61320	44780	16540	73,03%	89545	28225	146,03%	73,00%
TIENDA 201	68%	32%	11175	7798	3377	69,78%	15804	4629	141,42%	71,64%
TIENDA 121	47%	53%	52114	33396	18718	64,08%	70235	18121	134,77%	70,69%
TIENDA 3	62%	38%	38136	12532	25604	32,86%	39318	1182	103,10%	70,24%
TIENDA 10	0%	100%	40008	17255	22753	43,13%	45071	5063	112,65%	68,52%

Fuente: Elaboración propia

Este escenario indica un subuso de los recursos disponibles, lo que puede significar una asignación ineficiente de personal o infraestructura, así como una baja demanda en el punto de atención. Para estos puntos de atención, se tienen las siguientes recomendaciones:

1. Corto plazo: Reducir temporalmente los recursos asignados a estos puntos, reasignándolos a otros con mayor demanda.
2. Mediano plazo: Realizar un análisis de las razones detrás de la baja ocupación, como ubicación del punto de atención, cambios en las necesidades de los clientes o competidores en la zona.
3. Largo plazo: Considerar estrategias para aumentar la demanda en estos puntos, como campañas de marketing dirigidas o ampliación de los servicios ofrecidos. Si esto no es viable, evaluar la posibilidad de consolidar o cerrar puntos con baja rentabilidad.

Para concluir esta fase, se dio respuesta a las preguntas faltantes planteadas en la primera fase:

- ¿Existen diferencias significativas entre la capacidad instalada y ocupada de algunos puntos de atención?

Sí, el análisis realizado evidencia diferencias significativas en varios puntos de atención. En algunos casos, la capacidad ocupada es mucho menor a la instalada, lo que indica un sub uso de recursos. Por otro lado, algunos puntos presentan una capacidad ocupada superior a la

instalada, lo que refleja una sobrecarga operativa. Estas variaciones destacan la necesidad de un ajuste más preciso en la asignación de recursos para cada punto.

- ¿Qué factores explican las diferencias entre la capacidad instalada y la ocupada en los puntos de atención?

Las diferencias entre la capacidad instalada y la ocupada pueden explicarse por varios factores:

1. La demanda de atención puede variar significativamente según la ubicación y características del punto.
2. Presupuestos inadecuados o desactualizados pueden no reflejar la realidad operativa del punto.
3. Temporadas de alta o baja demanda, cambios en las políticas de la entidad o eventos inesperados también influyen.

- ¿Existe relación entre la ocupación de la capacidad con el cumplimiento de metas de servicio?

Sí, existe una relación directa. Los puntos de atención con una capacidad ocupada equilibrada tienden a cumplir más eficientemente con las metas de servicio, mientras que aquellos que presentan subuso o sobrecarga tienen mayor riesgo de incumplirlas. Un uso excesivo de la capacidad puede generar tiempos de espera prolongados y una experiencia negativa para los clientes, mientras que un subuso representa un desperdicio de recursos que podrían ser utilizados en puntos con mayor necesidad.

- ¿Qué estrategias se pueden implementar para equilibrar la capacidad instalada y ocupada?

1. Ajustar los porcentajes de tiempo asignados a ventas y servicios según las necesidades de cada punto.
2. Mover personal y recursos entre puntos de atención para reducir sobrecarga o subuso.
3. Implementar horarios y turnos más dinámicos, adaptados a la demanda real.
4. Mejorar la eficiencia en los procesos para reducir tiempos promedio y maximizar la capacidad.
5. Actualizar las metas presupuestarias con base en datos operativos recientes.

- ¿Qué próximos pasos podrían recomendarse a futuro para este análisis de capacidad?
1. Utilizar herramientas avanzadas como modelos predictivos o dashboards en tiempo real para un monitoreo continuo.
 2. Incorporar datos de más meses o años para identificar tendencias estacionales o de largo plazo.
 3. Agregar métricas relacionadas con la satisfacción del cliente, costos operativos y eficiencia por proceso.
 4. Probar estrategias en puntos seleccionados para medir su impacto antes de una implementación generalizada.
 5. Establecer un calendario de análisis regular para garantizar que las decisiones se ajusten a las dinámicas cambiantes de la operación.

5.4 Fase 4: Formular un modelo de optimización de mallas horarias para los puntos de atención.

Esta fase inicio con la formulación del modelo de optimización para su posterior implementación en Python, a continuación, se presenta el modelo formulado:

Función Objetivo:

El modelo selecciona las franjas horarias más productivas mediante una suma ponderada de las horas contenidas en cada franja y asigna las mejores franjas a los turnos, respetando las restricciones de productividad y personal.

$$\begin{aligned}
 \text{Maximizar } Z = & \sum_{i=1}^m \left(\sum_{j \in F_i} (\text{TraficoClientes}_{ij} * w_1 + \text{TraficoTransaccional}_{ij} * w_2 \right. \\
 & + \text{CapturasTotales}_{ij} * w_3 + \text{CapturasClasificadas}_{ij} * w_4 \\
 & \left. + \text{CapturasAprobadas}_{ij} * w_5) \right) * A_i
 \end{aligned}$$

Ecuación 3. Función objetivo del modelo

Donde:

- m : Número total de franjas horarias posibles.
- F_i : Franja horaria, definida como un conjunto de horas consecutivas.
- $\sum_{j \in F_i}$: Suma ponderada de las variables dentro de cada hora j en la franja i .
- A_i : Variable binaria que indica si la franja i es seleccionada (1) o no (0).
- w_k : Ponderadores que ajustan la importancia relativa de cada métrica ($k = 1, \dots, 5$).

El modelo elige las franjas i con el mayor valor total de productividad según la suma ponderada de las horas j contenidas en ellas.

Parámetros:

- F : Conjunto de franjas horarias disponibles.
- H_i : Conjunto de horas que componen la franja $i \in F$.
- n : Numero de turnos.
- w_k : Ponderado asociado a la importancia de cada métrica ($k = 1, \dots, 5$):
 - w_1 : ponderador para tráfico de clientes.
 - w_2 : ponderador para tráfico transaccional.
 - w_3 : ponderador para capturas totales por horas.
 - w_4 : ponderador para capturas clasificadas por hora.
 - w_5 : ponderador para capturas aprobadas.
- P_{ijk} : Valor de la métrica k para la hora j en la franja i .
- N_p : Número total de ejecutivos en el punto de atención p .
- M_t : Cantidad máxima de ejecutivos permitidos por turno t .
- D_m : Cantidad de días de descanso obligatorios por mes (calculado según número de domingos y festivos presentes en el mes de ejecución).

Variables de decisión:

- $A_i \in \{0,1\}$: Indica si la franja i es seleccionada (1) o no (0).
- $X_{it} \in \{0,1\}$: Indica si la franja i se asigna al turno t (1) o no (0).
- $R_t \in \{0,1\}$: Indica si el turno t esta activo (1) o no (0).

- $Y_{dt} \in \{0,1\}$: Indica si el día d es un día de descanso para el turno t (1) o no (0).
- $Z_{pt} \in \mathbb{Z}^+$: Numero de ejecutivos asignados al turno t en el punto de atención p .

Restricciones:

1. Horario de Operación de los Puntos de Atención: Las franjas F_i deben respetar el horario de apertura y cierre del punto de atención;

$$H_i^{inicio} \leq j \leq H_i^{fin}, \quad \forall i, j$$

Ecuación 4. Restricción horarios puntos de atención.

2. Cada franja seleccionada debe estar asignada a un único turno.

$$\sum_{t=1}^n X_{it} = A_i, \quad \forall i \in F$$

Ecuación 5. Restricción franjas por turnos.

3. Máximo pueden asignarse 3 turnos.

$$\sum_{t=1}^n R_t \leq 3$$

Ecuación 6. Restricción turnos máximos por canal.

4. Un turno esta activo si tiene al menos una franja asignada.

$$R_t \geq \frac{\sum_{i \in F} X_{it}}{|F|}, \quad \forall t$$

Ecuación 7. Restricción franjas por turnos.

5. El número total de ejecutivos asignados a los turnos no puede exceder el número total de ejecutivos disponibles en el punto de atención.

$$\sum_{t=1}^n Z_{pt} \leq N_p, \quad \forall p$$

Ecuación 8. Restricción ejecutivos asignados a turnos en puntos de atención.

6. Cada turno debe tener el número de descansos requeridos por mes

$$\sum_d Y_{dt} = D_m, \quad \forall t$$

Ecuación 9. Restricción descansos puntos de atención.

7. Los descansos asignados a un turno no pueden coincidir con los de otro turno, excepto en el caso del Turno 3.

$$Y_{dt_1} + Y_{dt_2} \leq 1, \quad \forall d, \forall t_1 \neq t_2, t_1, t_2 \in \{1,2\}$$

Ecuación 10. Restricción descansos entre turnos de un mismo punto de atención

8. El número de ejecutivos asignados a un turno debe ser menor o igual al límite permitido.

$$Z_{pt} \leq M_t, \quad \forall t, \forall p$$

Ecuación 11. Restricción ejecutivos por turnos.

9. La duración de las franjas se ajusta dependiendo del día de la semana:

- Lunes a jueves: Franjas de 8 horas (7 horas laborales + 1 hora de descanso).
- Viernes, sábado, Domingo y Festivos: Franjas de 9 horas (8 horas laborales + 1 hora de descanso).

$$\text{Duración}(i) = \begin{cases} 8, & \text{si } i \text{ corresponde a Lunes, martes, miercoles o jueves} \\ 9, & \text{si } i \text{ corresponde a Viernes, sabado, domingo o festivo} \end{cases}$$

Ecuación 12. Restricción duración de franjas por día.

10. La cantidad total de horas laborales por turno en una semana no debe exceder 45 horas.

$$\sum_{i \in F} \text{HorasLaborales}(i) * X_{it} \leq 45, \quad \forall t$$

Ecuación 13. Restricción horas semanales.

- $\text{HorasLaborales}(i) = 7$ para franjas de lunes a jueves
- $\text{HorasLaborales}(i) = 8$ para franjas de viernes, sábado, domingos y festivos.

Flujo General del Modelo:

1. El modelo analiza cada franja i y calcula el valor ponderado total para las horas j que la componen.
2. Compara los valores totales de las franjas y selecciona aquellas que maximizan Z , cumpliendo las restricciones.
3. Asigna los turnos de acuerdo con las franjas seleccionadas, siguiendo el criterio de productividad (Turno 1 > Turno 2 > Turno 3).

Luego de implementar el modelo en Python, como resultado se obtienen dos archivos de Excel, el primero se puede observar a continuación (recordemos que, por temas de confidencialidad, no se puede mostrar a detalle los indicadores, por lo que se muestran las mallas horarias y turnos que reflejan el resultado obtenido):

Tabla 9. Resultados modelo mallas horarias

fecha	canal	gerente	nombre_canal	num_eje	planta	dia_semana	turno	franja	mejor_hora	peor_hora	H_almuerzo	ind_cap_h_eje	ind_aprob_prom	cap_esp_prom	arj
1/10/2024	27	-	Tienda X	2	1	Jueves	Turno 1	11 - 19	18	14	12	-	-	-	-
1/10/2024	27	-	Tienda X	2	1	Jueves	Turno 2	Descanso	18	14	13	-	-	-	-
2/10/2024	27	-	Tienda X	2	1	Viernes	Turno 1	10 - 19	18	14	12	-	-	-	-
2/10/2024	27	-	Tienda X	2	1	Viernes	Turno 2	12 - 21	19	14	13	-	-	-	-
3/10/2024	27	-	Tienda X	2	1	Sabado	Turno 1	9 - 18	17	10	12	-	-	-	-
3/10/2024	27	-	Tienda X	2	1	Sabado	Turno 2	11 - 20	18	13	14	-	-	-	-
4/10/2024	27	-	Tienda X	2	1	Domingo	Turno 1	Descanso	18	14	12	-	-	-	-
4/10/2024	27	-	Tienda X	2	1	Domingo	Turno 2	9 - 18	17	10	13	-	-	-	-
5/10/2024	27	-	Tienda X	2	1	Lunes	Turno 1	12 - 21	18	12	12	-	-	-	-
5/10/2024	27	-	Tienda X	2	1	Lunes	Turno 2	10 - 19	18	12	14	-	-	-	-
6/10/2024	27	-	Tienda X	2	1	Martes	Turno 1	8 - 17	18	11	12	-	-	-	-
6/10/2024	27	-	Tienda X	2	1	Martes	Turno 2	11 - 19	19	14	13	-	-	-	-
7/10/2024	27	-	Tienda X	2	1	Miercoles	Turno 1	11 - 19	17	13	12	-	-	-	-
7/10/2024	27	-	Tienda X	2	1	Miercoles	Turno 2	Descanso	17	10	13	-	-	-	-
8/10/2024	27	-	Tienda X	2	1	Jueves	Turno 1	11 - 19	18	14	12	-	-	-	-
8/10/2024	27	-	Tienda X	2	1	Jueves	Turno 2	12 - 20	18	14	14	-	-	-	-
9/10/2024	27	-	Tienda X	2	1	Viernes	Turno 1	10 - 19	18	14	12	-	-	-	-
9/10/2024	27	-	Tienda X	2	1	Viernes	Turno 2	12 - 21	19	14	13	-	-	-	-
10/10/2024	27	-	Tienda X	2	1	Sabado	Turno 1	Descanso	16	10	12	-	-	-	-
10/10/2024	27	-	Tienda X	2	1	Sabado	Turno 2	11 - 20	18	11	13	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 8 se observan los resultados obtenidos para el canal 27, para reforzar lo que se observa, la columna “num_eje” hace referencia al número de ejecutivos con los que cuenta el punto de atención, y la columna planta hace referencia al número de ejecutivos asignados al turno, estos mismos son importantes para aquellos canales que posean un mayor número de ejecutivos, y así refuerza el tema de las ausencias, puesto que si un ejecutivo se ausenta del punto atención en alguna fecha en específico, esto se notara en ambas columnas, por ejemplo en este caso los turnos cuentan con 1 ejecutivo cada uno, si uno estuviera ausente en una fecha, para esa fecha uno de los dos turnos aparecería con planta 0, por lo que no habría ejecutivo asignado al turno (puesto que solo

habría 1 ejecutivo disponible para atender el punto de atención.) y en dicha fecha solo tendríamos un turno asignado.

Los resultados obtenidos por el modelo muestran la asignación óptima de franjas horarias para cada fecha, canal y turno. Estas asignaciones fueron seleccionadas maximizando la productividad esperada en función de los indicadores ponderados, tales como el tráfico de clientes, capturas aprobadas y clasificadas por hora, entre otros. Además, el modelo respeta las restricciones establecidas, como las horas laborales máximas por semana, la distribución de descansos, y las diferencias entre días laborables y fines de semana. Esto permite una gestión eficiente de los recursos, asegurando que cada punto de atención opere en las horas más productivas del día mientras se mantienen las condiciones laborales óptimas para los ejecutivos.

A continuación, se presenta la plantilla que se les envía a los gerentes para que asignen los ejecutivos a los turnos (en este caso se muestra únicamente para un solo gerente):

Tabla 10. Plantilla mallas horarias para gerentes

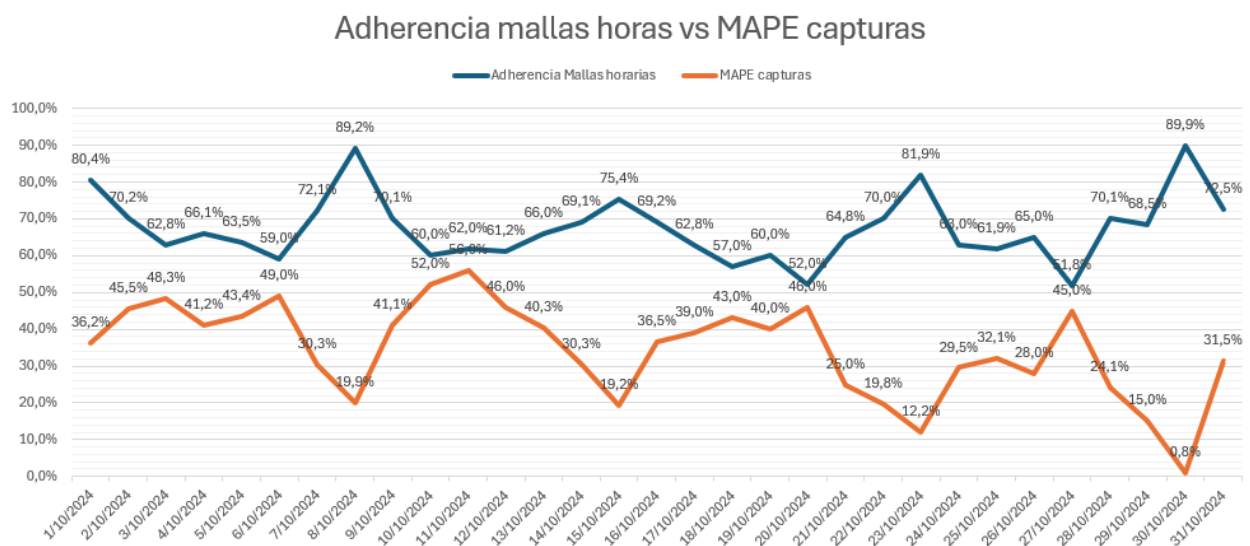
canal	gerente	region	nombre_canal	ejecutivo	cedula	comercial	turno	1-nov	2-nov	3-nov	4-nov	5-nov	6-nov	7-nov	8-nov
215	k	-	Tienda Y	-	-	TC	Turno 1	11 - 20	10 - 19	10 - 18	12 - 21	10 - 19	10 - 19	9 - 17	10 - 19
215	k	-	Tienda Y	-	-	TC	Turno 1	11 - 20	10 - 19	10 - 18	12 - 21	10 - 19	10 - 19	9 - 17	10 - 19
215	k	-	Tienda Y	-	-	TC	Turno 2	12 - 21	11 - 20	9 - 17	10 - 19	12 - 21	11 - 20	12 - 21	11 - 20
148	k	-	Tienda W	-	-	TC	Turno 1	10 - 19	10 - 18	11 - 19	8 - 17	10 - 19	8 - 17	12 - 20	10 - 19
357	k	-	Tienda Z	-	-	TC	Turno 1	9 - 18	11 - 19	10 - 18	12 - 20	12 - 20	10 - 19	12 - 20	8 - 17

Fuente: Elaboración propia

Esta plantilla es generada por el mismo código en el que se ejecuta el modelo, se genera un archivo por cada gerente, que contiene las mallas horarias para cada fecha del mes, de los canales a los cuales es responsable cada gerente, en este caso se presenta el ejemplo del gerente “k” el cual tiene a su cargo tres canales, el 215 que posee 3 ejecutivos, dos en el turno 1 y uno en el turno 2, el resto de los canales poseen únicamente un ejecutivo. Como se puede notar la idea de esta plantilla es que el gerente asigne ejecutivos a los turnos disponibles para cada punto de atención, de esta manera el ejecutivo conocerá de antemano su horario laboral para el resto del mes, cabe resaltar que las franjas que se presentan en esta plantilla son las mismas que asigno el modelo de optimización, solo que se organizan de esta manera para facilitar a los gerentes la asignación de ejecutivos a las mismas.

Para validar el desempeño del modelo propuesto, se analizó la relación entre la adherencia a las mallas horarias sugeridas y el error absoluto medio porcentual (MAPE) asociado a las capturas realizadas. Este análisis permite evaluar cómo el cumplimiento de los horarios definidos por el modelo impacta en la precisión para alcanzar las metas operativas y optimizar el desempeño de los puntos de atención.

Figura 4. Adherencia mallas horarias vs MAPE capturas



Fuente: Elaboración propia

La Figura 4 evidencia una correlación inversa entre la adherencia a las mallas horarias y el MAPE de las capturas. A medida que se incrementa la adherencia a las mallas horarias, el MAPE disminuye, lo que confirma que las mallas horarias propuestas por el modelo acerca a los puntos de atención al cumplimiento de las metas operativas, demostrando ser una herramienta efectiva para la planificación de horarios productivos. Este resultado destaca la importancia de seguir las recomendaciones del modelo para maximizar la productividad y cumplir con las metas operativas establecidas.

Finalmente se presentan las respuestas a las preguntas presentadas en la fase 1 relacionadas al modelo de mallas horarias:

- ¿Qué se busca maximizar o minimizar en el modelo de optimización de mallas horarias?

El modelo busca maximizar la productividad de las franjas horarias asignadas a cada turno, considerando indicadores clave como el tráfico de clientes, el tráfico transaccional, las capturas totales por hora, las capturas clasificadas y las capturas aprobadas. Esto se logra eligiendo las franjas más productivas según la ponderación de estos indicadores, asegurando que los horarios asignados se alineen con los patrones de mayor actividad en los puntos de atención.

- ¿Qué impacto tendría la implementación del modelo en los recursos de los puntos de atención?

La implementación del modelo permitiría una asignación más eficiente de los recursos humanos y horarios en los puntos de atención. Esto resultaría en una mejor distribución del personal en los turnos, maximizando la cobertura en horas de alta demanda y reduciendo el desperdicio de recursos en horarios de baja actividad. Además, optimizaría los descansos de los ejecutivos, promoviendo un equilibrio entre la productividad y el bienestar laboral.

- ¿Cuáles son los principales desafíos en la implementación del modelo de mallas horarias?
 1. Lograr que los puntos de atención implementen las mallas horarias propuestas.
 2. La calidad del modelo depende de la disponibilidad de datos históricos precisos sobre tráfico y productividad.
 3. Ajustar el modelo a condiciones inesperadas, como cambios en el flujo de clientes o eventos imprevistos.
 4. Superar la resistencia de los ejecutivos y gerentes a modificar los horarios establecidos actualmente.
- ¿Qué métricas pueden utilizarse para evaluar la efectividad del modelo de mallas horarias?
 1. Adherencia a las mallas horarias (porcentaje de cumplimiento de los horarios propuestos).
 2. MAPE (Error Absoluto Medio Porcentual) Para medir qué tan cerca se está de cumplir las metas operativas.
 3. Comparar los indicadores clave (tráfico, capturas aprobadas, etc.) antes y después de la implementación del modelo.
 4. Evaluar el impacto en los ejecutivos mediante encuestas sobre la percepción de los horarios propuestos.

- ¿Cuáles son las principales diferencias entre las mallas horarias anteriores y las propuestas por el modelo?

Las mallas horarias solía asignarlas a cada gerente en base a su experiencia y conocimientos a sus respectivos puntos de atención a cargo , a diferencia del modelo de mallas horarias propuesto, que considera el tráfico esperado y otros indicadores de productividad, así como el ajuste de las franjas horarias para maximizar el desempeño en función de la demanda y apoyo a la distribución de los descansos de manera óptima, según las restricciones establecidas y las condiciones laborales. Así como una asignación dinámica y adaptada a cada punto de atención.

- ¿Cómo se puede validar la efectividad del modelo?
 1. Comparar el desempeño operativo utilizando las mallas actuales con los resultados obtenidos al implementar las mallas propuestas por el modelo.
 2. Pruebas piloto: Implementar las mallas en puntos de atención seleccionados y medir el impacto en los indicadores clave.
 3. Por medio de graficas de validación, como la presentada en la figura 1, evaluar la relación entre adherencia a las mallas horarias y el MAPE de las capturas.
 4. Recoger comentarios de los ejecutivos y gerentes sobre la efectividad y practicidad de los horarios asignados.

5.5 Fase 5: Análisis de resultados y próximos pasos

Los resultados de los análisis de capacidad y las mallas horarias demuestran la importancia de abordar de manera conjunta la gestión eficiente de los recursos y la optimización de los horarios en los puntos de atención. Mientras el análisis de capacidad permite identificar la disponibilidad y utilización óptima del personal y las infraestructuras, el modelo de mallas horarias traduce estas capacidades en estrategias concretas para maximizar la productividad y el cumplimiento de objetivos operativos. Unificando ambos enfoques, se asegura una solución integral que no solo responde a las demandas actuales de clientes, sino que también permite anticiparse a posibles variaciones en la operación, garantizando así la adaptabilidad y sostenibilidad del sistema. Este enfoque combinado refuerza la importancia de diseñar estrategias basadas en datos que alineen las

necesidades operativas con los objetivos estratégicos, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones y el éxito a largo plazo.

Entre los principales logros del proyecto, destaca la capacidad del modelo para adaptar las mallas horarias a los patrones específicos de productividad, asegurando un mejor balance entre la cobertura operativa y el bienestar del personal. Adicionalmente, el análisis mostró que una alta adherencia a las mallas propuestas está correlacionada con un menor error en el cumplimiento de metas, lo que confirma la eficacia de las franjas propuestas por el modelo.

Recomendaciones Finales

1. Se sugiere iniciar con una implementación piloto en puntos de atención seleccionados para validar los resultados en condiciones reales, antes de escalar el modelo a toda la operación.
2. Establecer un sistema de seguimiento que permita evaluar regularmente los indicadores clave (tráfico, capturas aprobadas, MAPE, etc.).
3. Realizar sesiones de capacitación con los ejecutivos y gerentes para familiarizarlos con las nuevas mallas horarias y fomentar su adherencia, minimizando la resistencia al cambio.
4. Desarrollar una metodología para actualizar periódicamente los datos de entrada del modelo, permitiendo que las mallas horarias se ajusten a cambios en los patrones de tráfico o demanda.
5. Evaluar la posibilidad de incluir nuevas variables que reflejen mejor los objetivos operativos, como métricas de satisfacción del cliente o eficiencia en tiempos de atención.

Próximos pasos

- Explorar la posibilidad de aplicar la metodología en otras áreas de la organización que podrían beneficiarse de la optimización horaria.
- Desarrollar una herramienta automatizada que permita ejecutar el modelo con menor intervención manual, integrando directamente las bases de datos operativas.
- Realizar un análisis comparativo detallado tras la implementación, midiendo el impacto del modelo en indicadores como la productividad, la eficiencia operativa y la satisfacción del personal.
- Revisar la forma en que se establecen las metas operativas, entre mejor se ajusten a las necesidades, mucho mejor serán los resultados del modelo propuesto.

Las recomendaciones y próximos pasos planteados tienen como objetivo maximizar el impacto del proyecto y sentar las bases para una mejora continua.

6. Conclusiones y recomendaciones

La definición y planificación del proyecto fue clave para garantizar su éxito, ya que permitió establecer un marco estructurado para el desarrollo de cada fase. A través de la identificación de objetivos claros, se aseguraron lineamientos precisos para el análisis de capacidad y la formulación del modelo de mallas horarias. Asimismo, la planificación permitió coordinar recursos, delimitar el alcance, y priorizar tareas críticas, lo que facilitó un flujo de trabajo eficiente y la adecuada asignación de tiempo y herramientas. Este enfoque inicial sentó las bases para un desarrollo sistemático, alineado con las necesidades operativas y estratégicas del proyecto.

La etapa de diseño y preparación de los datos fue fundamental para garantizar la calidad y fiabilidad de los análisis posteriores. Durante este proceso, se consolidaron diversas fuentes de información, se llevaron a cabo tareas de limpieza y estructuración de datos, y se implementaron transformaciones necesarias para alinear los formatos con los requerimientos del modelo. Además, se validaron los datos para identificar inconsistencias y garantizar su coherencia. Este esfuerzo permitió generar un conjunto de datos robusto y homogéneo, que sirvió como base sólida para el análisis de capacidad y la optimización de mallas horarias, minimizando riesgos de errores y asegurando la representatividad de los resultados.

El análisis de capacidad permitió identificar las brechas entre la demanda de atención y los recursos disponibles en cada punto de atención. A través de este estudio, se logró determinar con precisión los niveles de ocupación actuales, evidenciando tanto puntos de atención de mayor congestión como los de subutilización de recursos. Esto proporcionó una visión clara de las necesidades operativas y sirvió como base para priorizar acciones correctivas, optimizando la asignación de ejecutivos y los tiempos de atención.

Además, el análisis destacó la importancia de adaptar la capacidad operativa a las fluctuaciones mensuales de la demanda. Los hallazgos permitieron identificar patrones y tendencias recurrentes, como aumentos o disminución en el tráfico de clientes en ciertos meses. Esta información resultó crucial para diseñar estrategias de mejora que equilibren la carga de trabajo entre los diferentes puntos de atención, dando la oportunidad para maximizar la eficiencia sin comprometer la calidad del servicio.

La formulación del modelo de optimización de mallas horarias permitió integrar múltiples variables críticas, como el tráfico de clientes, el tráfico transaccional y las capturas por hora, para definir horarios que maximicen la productividad operativa. Este enfoque matemático garantizó que las franjas horarias seleccionadas optimicen el uso de los recursos disponibles, alineándose con las metas operativas y necesidades específicas de cada punto de atención.

El modelo demostró ser una herramienta robusta para balancear las demandas operativas con las restricciones laborales, como el cumplimiento de los tiempos de descanso y los límites de horas laborales semanales. Esto aseguró que las soluciones propuestas no solo fueran productivas, sino también viables desde una perspectiva administrativa y en concordancia con las normativas laborales.

La implementación del modelo evidenció su capacidad para generar horarios adaptados a las características particulares de cada día de la semana, diferenciando entre las necesidades de los días laborales y los fines de semana. Esto permite una respuesta más eficiente a los patrones de demanda y garantiza que los recursos estén asignados en los momentos de mayor impacto, maximizando la satisfacción del cliente y la efectividad del personal.

El análisis de resultados confirmó que la implementación del modelo de mallas horarias contribuye significativamente al cumplimiento de las metas operativas. Esto demuestra la relevancia de utilizar herramientas de optimización para alinear la planificación con las necesidades reales de los puntos de atención.

Los resultados obtenidos resaltan áreas clave de oportunidad, como la necesidad de mejorar la adherencia a las nuevas mallas horarias y optimizar la asignación de recursos en días con menor demanda. Estas observaciones sirven como base para futuras iteraciones del modelo y para la implementación de estrategias que promuevan una mayor alineación entre las metas operativas y la ejecución diaria.

Con base en los hallazgos del proyecto, se identificaron próximos pasos estratégicos que incluyen la integración de retroalimentación operativa para afinar el modelo, la evaluación periódica de métricas clave como adherencia y MAPE, y el desarrollo de herramientas adicionales que faciliten la implementación de las mallas horarias. Estas recomendaciones garantizan la sostenibilidad de las mejoras alcanzadas y promueven una evolución continua en los puntos de atención.

7.Referencias

- Bolívar García, F. (2017). Diseño de horarios en redes metropolitanas de transporte ferroviario que minimizan el consumo energético.
- Castillo, W., Medina Quispe, F., & Fariña Molina, F. (2018). Una metodología para procesos data warehousing basada en la experiencia.
- Challenger-Pérez, I., Díaz-Ricardo, Y., & Becerra-García, R. A. (2014). El lenguaje de programación Python. *Ciencias Holguín*, 20(2), 1-13.
- Cubas Campos, A., & Moreno Roque, R. A. (2023). Capacidad de atención y calidad del servicio del área de compras en una empresa del sector gráfico de Lima, 2021.
- De Análisis, O. Á. (2006). Estudio de Capacidad Instalada-Sede Meléndez. Documentos de análisis de la Oficina de Planeación y Desarrollo Institucional, 835.
- Fong Reynoso, C., Flores Valenzuela, K. E., & Cardoza Campos, L. M. (2017). La teoría de recursos y capacidades: un análisis bibliométrico. *Nova scientia*, 9(19), 411-440.
- Godoc, E. (2014). *SQL: Los fundamentos del lenguaje*. Ediciones ENI.
- Jiménez Lozano, G. (2009). *Optimización*. Departamento de Informática y Computación.
- Labora Gómez, F. (2023). Desarrollo de un modelo de unit-commitment en Python-Pyomo para su ejecución mediante interfaz-web.
- Lacaze, D. G. (2014). Análisis de capacidad en la industria de panificación industrial (Doctoral dissertation, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Económicas.).
- López, F. J. T. (2022). *Ciencia de los datos con Python*. Ecoe Ediciones.
- Martínez, A. B., Lista, E. A. G., & Flórez, L. C. G. (2013). Técnicas de modelado de procesos de ETL: una revisión de alternativas y su aplicación en un proyecto de desarrollo de una solución de BI. *Scientia et technica*, 18(1), 185-191.
- Mejía Caballero, J. M. (2009). Asignación de horarios de clases universitarias mediante algoritmos evolutivos (Master's thesis, Maestría en Ingeniería Industrial).
- Miranda Pino, J. A. (2014). Modelos de optimización para la programación de horarios y asignación de salas de clase en universidades.
- Mirjalili, V., & Raschka, S. (2020). *Python machine learning*. Marcombo.
- Muñoz, L., Mazon, J. N., & Trujillo, J. (2011). ETL process modeling conceptual for data warehouses: a systematic mapping study. *IEEE Latin America Transactions*, 9(3), 358-363.

- Mukhopadhyay, S., & Samanta, P. (2022). ETL with Python. In *Advanced Data Analytics Using Python: With Architectural Patterns, Text and Image Classification, and Optimization Techniques* (pp. 23-52). Berkeley, CA: Apress.
- Ottati Vélez, F. J., & Cordero Molina, J. M. (2018). Propuesta de un modelo de programación lineal binaria entera para la asignación de horarios de clase. Caso de Estudio: Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del Azuay (Bachelor's thesis, Universidad del Azuay).
- Pardo Cáceres, F. R. (2017). Creación de un sistema de extracción, transformación y carga (ETL) para la migración de datos al sistema de información nacional de la coordinación general de redes comerciales del MAGAP (Bachelor's thesis).
- Perez, M. (2011). *Microsoft SQL Server 2008 R2. Motor de base de datos y administración*. RC Libros.
- Quezada, Y., & Apelio, N. Optimización en la asignación de docentes y aulas en el centro de capacitaciones DMC usando programación lineal con Python.
- Ramos, A., Sánchez, P., Ferrer, J. M., Barquín, J., & Linares, P. (2010). *Modelos matemáticos de optimización*. Publicación Técnica, 1.
- Rodriguez-Rivas, J. G. (2022, December). Excel como herramienta de analítica empresarial. In *Actas del Congreso de Investigación, Desarrollo e Innovación* (pp. 175-180).
- Tietz, W., Miller-Nobles, T. R. A. C. I. E., & Cainas, J. (2022). Teaching the ETL process. *Strategic Finance*, 104(2).