

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas
Ingeniería en Logística y Transporte

**Optimización de los procesos operativos manuales de un
centro de distribución a través de la asignación de
horarios del personal.**

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:
Ingeniero en Logística y Transporte

Presentado por:

Coraizaca Sarcos David Alejandro
Ramos Rodríguez Viancca Angélica

GUAYAQUIL-ECUADOR

Año: 2022

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mi familia, mi soporte en todos los momentos de mi vida, a Daniel, que, después de mi familia fue la persona que me impulsó a cumplir todas mis metas y estuvo en todos mis logros y desilusiones. Finalmente, pero no menos importante, a Dios, por brindarme estabilidad, ser mi compañero cuando me quedaba estudiando en la madrugada, y por nunca dejarme sola. Gracias.

Viancca Ramos

Este trabajo se lo dedico a todas las personas que brindaron su apoyo incondicional a lo largo de estos años de desarrollo personal y académico. Principalmente a mi familia, a mi mamá, Patricia Sarcos y mi papá, Robinson Coraizaca, por estar presentes en cada momento de este camino y siempre velar por mi bienestar. A mis hermanas, Joselyne y Evelyn Coraizaca por ser fieles referentes por seguir.

David Coraizaca

AGRADECIMIENTO

Gracias a todas las personas que formaron parte de mi carrera universitaria, profesores, amigos y familia.

A Dios por todas las bendiciones.

Y especialmente le agradezco a mi mamá por todo, definitivamente sin ti no sería la persona que soy, eres mi consejera y amiga, te amo.

Viancca Ramos

Gracias a Dios por bendecirme durante esta etapa espectacular. A mi papá y mamá, por el esfuerzo y educación brindada a mí y a mis hermanas. Agradecimiento extenso a mis amigos, profesores y todos los que formaron parte de este viaje.

David Coraizaca

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; David Coraizaca y Viancca Ramos y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



David Coraizaca



Viancca Ramos

EVALUADORES

PhD. Xavier Cabezas

TUTOR DEL PROYECTO
INTEGRADOR

MSc. Carlos Ronquillo

PROFESOR DE MATERIA
INTEGRADORA

RESUMEN

Las empresas de consumo masivo se encuentran en constante evolución para cumplir las necesidades de los miles de usuarios, que visitan sus sucursales a nivel nacional y adquirir artículos de consumo o uso personal. Uno de sus principales ideales es la optimización de los procesos internos para el cumplimiento de los objetivos propuestos, alcanzando así, una mejora significativa del servicio al cliente y la experiencia de compra. Para lograr esto, se necesita bases sólidas de las tareas que realice el personal encargado de la clasificación y despacho de los productos secos del centro de distribución. Asimismo, un seguimiento de la correcta ubicación y asignación del personal por cargos y áreas dentro de la bodega.

Para cumplir con los objetivos propuestos, se procedió a generar un algoritmo que cumpla con las diferentes restricciones del problema, implementando un algoritmo heurístico greedy que permita encontrar una solución factible, y posteriormente, usar una metaheurística como el recocido simulado que ayudó a encontrar una respuesta cercana a la óptima.

El resultado que se obtuvo fue, la totalidad de operarios a utilizar en el área de productos secos y su asignación. Cumpliendo con la demanda del centro de distribución y beneficiando la productividad de la fábrica.

Palabras clave: operadores, productividad, asignación, horarios.

ABSTRACT

Mass consumption companies are constantly evolving to meet the needs of the thousands of users who visit their branches nationwide and purchase items for consumption or personal use. One of its main ideals is the optimization of internal processes to meet the proposed objectives, thus achieving a significant improvement in customer service and the shopping experience. To achieve this, a solid foundation of the tasks carried out by the personnel in charge of the classification and dispatch of the products of the distribution center is needed. Likewise, a follow-up of the correct location and assignment of personnel by positions and areas within the warehouse.

To meet the proposed objectives, we proceeded to generate an algorithm that meets the different restrictions of the problem, implementing a greedy heuristic algorithm that allows finding a feasible solution, and later, using a metaheuristic such as simulated annealing that helped find an answer close to optimal.

The result obtained was the totality of operators to be used in the area of dry products and their assignment. Complying with the demand of the distribution center and benefiting the productivity of the factory.

Keywords: operators, productivity, assignment, schedules.

ÍNDICE GENERAL

Resumen.....	i
Abstract.....	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ABREVIATURAS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS	vi
CAPITULO 1.....	1
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3 OBJETIVOS	3
1.4 MARCO TEÓRICO	4
CAPITULO 2.....	15
2 METODOLOGÍA.....	15
2.1 TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	16
2.2 DESCRIPCION DE LOS MODELOS.....	22
2.3 USO DEL SOFTWARE.....	33
2.4 CONSIDERACIONES LEGALES Y ÉTICAS	34
2.5 CRONOGRAMA DE TRABAJO	37
CAPITULO 3.....	38
3 RESULTADOS Y ANÁLISIS	38
3.1 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN.....	38
3.2 ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LA PROPUESTA.....	39
3.5. ANÁLISIS DE COSTOS	54
CAPITULO 4.....	58
4.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	58
4.1.1. CONCLUSIONES	58
4.1.2. RECOMENDACIONES.....	59
BIBLIOGRAFÍA.....	60
ANEXOS	62

ABREVIATURAS

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

SSP Shift Scheduling Problem

NP-HARD Non-deterministic polynomial-time hardness. Problemas de complejidad computacional.

BGP Biary Goal Programming

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 2.2 Figura de la demanda del cargo cómputo en el primer turno.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 2.3 Figura de los índices de la semana</i>	<i>31</i>
<i>Figura 2.4 Figura de la demanda del cargo cómputo ordenada</i>	<i>31</i>
<i>Figura 2.5 Figura de los índices de la semana ordenados.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 2.6 Figura de la demanda del cargo cómputo en el primer turno una vez restado los operadores</i>	<i>31</i>
<i>Figura 2.7 Figura de la demanda del cargo cómputo en el primer turno una vez asignado el operador uno.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 2.8 Figura de la demanda del cargo cómputo en el primer turno una vez restado los operadores</i>	<i>32</i>
<i>Figura 2.9 Figura de la demanda del cargo cómputo en el primer turno una vez asignado el operador dos</i>	<i>32</i>
<i>Figura 2.10 Diagrama de flujo del Algoritmo.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 2.3 Cronograma de trabajo por mes y divididas en semanas</i>	<i>37</i>
<i>Figura 3.29 Tabla comparativa de costos en base a la productividad</i>	<i>56</i>

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 2.1 Demanda de personal asignado por día de la semana 1er turno</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 2.2 Demanda de personal asignado por día de la semana 2do turno</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 2.3 Costos por hora del personal</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 2.4 Total de personas de primera franja</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 2.5 Total de personas de segunda franja</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 2.6 Franjas horarias en el día</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 2.7 Productividad cargo.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 2.8 Productividad cargo y por día de la semana del turno 1</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 2.9 Productividad cargo y por día de la semana del turno 2</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 2.10 Matriz de asignación de personal en el cargo: Cómputo</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 3.1. Franjas horarias diferenciadas por color</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 3.2 Tabla de asignación del personal de cómputo por día de la semana</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 3.3 Tabla de asignación del personal de despacho courier por día de la semana</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 3.4 Tabla de asignación del personal de monitoreo por día de la semana</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 3.5 Tabla de asignación del personal de despachadores cross docking por día de la semana</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 3.6 Tabla de asignación del personal de auxiliar slotting por día de la semana</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 3.7 Tabla de asignación del personal de auxiliar de combos por día de la semana</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 3.8 Tabla de asignación del personal de digitador por día de la semana</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 3.9 Tabla de asignación del personal de unidades logísticas por día de la semana</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 3.10 Tabla de asignación del personal de auxiliar de recepción-estiba por día de la semana</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 3.11 Tabla de asignación del personal de despachadores pick to light por día de la semana</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 3.12 Tabla de asignación del personal de auxiliar de transporte por día de la semana</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 3.13 Tabla de asignación del personal de despachadores en caja por día de la semana</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 3.14 Tabla de asignación del personal de autoelevarista-montacarga por día de la semana</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 3.15 Tabla de asignación del personal de auxiliares de mantenimiento por día de la semana</i>	<i>46</i>

<i>Tabla 3.16 Tabla de asignación del personal de asistente de unidades logísticas por día de la semana</i>	46
<i>Tabla 3.17 Tabla de asignación del personal de asistente operativo cross docking por día de la semana</i>	47
<i>Tabla 3.18 Tabla de asignación del personal de asistente operativo pick to light por día de la semana</i>	47
<i>Tabla 3.19 Tabla de asignación del personal de asistente despacho en caja por día de la semana</i>	47
<i>Tabla 3.20 Tabla de asignación del personal de auxiliar de recepción por día de la semana</i>	47
<i>Tabla 3.21 Tabla de asignación del personal de jefe operativo por día de la semana</i>	48
<i>Tabla 3.22 Tabla de asignación del personal de jefe operativo cross docking por día de la semana</i>	48
<i>Tabla 3.23 Tabla de asignación del personal de jefe operativo pick to light por día de la semana</i>	48
<i>Tabla 3.24 Tabla de asignación del personal de jefe operativo despacho en caja por día de la semana</i>	48
<i>Tabla 3.25 Matriz de demanda por cargo</i>	49
<i>Tabla 3.26 Tabla comparativa de la nómina actual y la propuesta</i>	50
<i>Tabla 3.27 Tabla de cambios entre la nómina actual y la propuesta</i>	51
<i>Tabla 3.28. Tabla comparativa del aumento y disminución de la productividad</i>	52
<i>Tabla 3.29. Tabla comparativa de la productividad de la propuesta actual con los escenarios</i>	53
<i>Tabla 3.28 Tabla de descripción de costos de la propuesta actual</i>	55

CAPITULO 1

1 INTRODUCCIÓN

El proyecto integrador fue destinado para el beneficio de una empresa multinacional que se dedica a la venta y distribución de productos del hogar y artículos de uso personal, operando dentro del territorio ecuatoriano desde 1960 y contando con alrededor de 245 locales en 22 provincias diferentes a nivel nacional.

Su enfoque principal se estableció en el centro de distribución de consumo masivo que se encuentra en el cantón Guayas, el cual, busca una máxima eficiencia en el abastecimiento de los múltiples locales en el país.

Además, éste se encuentra dividido en dos áreas separadas: en la primera se almacenan los productos secos, tales como, artículos comestibles no perecibles, suministros de limpieza, entre otros. La segunda almacena los productos fríos, entre los cuales se distinguen, frutas, lácteos, carnes y similares.

El presente proyecto tuvo como interés prioritario, la optimización de los procesos operativos manuales del centro de distribución a través de la asignación de horarios del personal. Esto se llevó a cabo, mediante el uso de un lenguaje de programación, que simplifique una asignación del personal de área de productos secos correcta, respetando las restricciones de trabajo cotidiano brindadas por la empresa.

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Este proyecto trató del problema de asignación de horarios del personal de una empresa comercializadora de consumo masivo considerando las restricciones del mundo real.

El factor que se estudió en esta problemática se centró en la asignación de horarios de los operadores en las áreas no automatizadas del centro de distribución, donde se debió priorizar una optimización del trabajo en horas por parte del operador. Por consiguiente, se incurre al manejo inadecuado de los trabajadores que retrasa la operación de distribución hacia los almacenes.

Los factores asociados con la baja productividad y que influyen de manera significativa en los procesos de las áreas de la empresa de consumo masivo son: el trabajo en equipo, el estrés laboral, la satisfacción laboral, el aprendizaje, las expectativas del trabajo, la proactividad del trabajador, el desempeño laboral, entre otros. (Ganga Contreras & Villacís Moyano, 2018)

Por consiguiente, muchas veces es difícil cumplir con la demanda del consumidor, generando bajas o puntos de quiebre en la economía de la empresa. Al analizar los puntos críticos de la empresa, se pudo observar que existe un problema en el área de producción con respecto a los trabajadores, y por ello, se busca crear metodologías que ayuden a mejorar dicha baja productividad. Para cumplir con esto, se debió disminuir el tiempo que el trabajador se toma para realizar la tarea, por lo que es necesario para eso crear un plan de itinerario que ayude a asignar a los operadores midiendo la capacidad de operatividad de este, con la finalidad de dar prioridad a las áreas afectadas de la producción.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El trabajo de investigación se enfocó en mejorar la productividad de los trabajadores en un área en específico de un centro de distribución de consumo masivo. Además, de optimizar los tiempos de trabajo y el aumentar los niveles de servicio para disminuir la baja productividad y cumplir con los tiempos de entrega a cada almacén.

La mala administración de los operadores en las áreas de trabajo manual conlleva a un mal funcionamiento de equipo, a una deficiencia del personal asignado y a gastos elevados de operación, que impacta con una baja productividad por áreas y pérdidas monetarias. La consecuencia de esta mala planificación de asignación de los trabajadores se debe a que no se cuenta con un seguimiento constante del número de operadores, que por día se requieren, para que el trabajo se lleve a cabo de forma óptima.

Este proyecto permitió mostrar cambios significativos que se utilizarán como base sólida para futuras implementaciones en el centro de distribución, adecuando modelos de optimización para la obtención de un plan de mejora en tiempos, producción y distribución, con la finalidad de cumplir con la demanda del cliente.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Optimizar el número de operadores de la nómina de cargos mediante un método de asignación de horarios de personal, para cumplir la demanda esperada en el área de productos secos.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Analizar el horario establecido por la actual administración, mediante la comparación de la programación actual con los resultados obtenidos con un método heurístico.
- Elaborar un algoritmo aplicable que contribuya a la obtención de la planificación de horarios del personal, con ayuda de modelos matemáticos, para asignar operadores y aprovechar los recursos disponibles.

- Evaluar el modelo de asignación de horarios propuesto a través del software algebraico, que le permita a la empresa aumentar la productividad por cargo.

1.4 MARCO TEÓRICO

1.4.1. Antecedentes

1.4.1.1. Historia del problema de asignación

El problema de asignación es uno de los primeros y más antiguos problemas de optimización combinatoria estudiados. Fue investigado por G. Monge y llamado un problema de transporte. Monge se vio motivado por el transporte de materiales, donde el objetivo era mover la tierra de una primera zona a una segunda, de forma que la distancia total de transporte sea la menor posible.

Dénes König descubrió que el modelo de asignación podía formularse de manera equivalente en términos de grafos, introduciendo una construcción ahora bastante estándar del problema y de las nuevas aplicaciones en otras áreas de las matemáticas.

Asimismo, otra intervención a través del tiempo se dio por parte de Egerváry, quien impulsó a Kuhn a desarrollar un método nuevo y rápido para el problema de asignación, que se bautizó posteriormente como el método húngaro.

Igualmente, existen otros autores que aportaron al desarrollo y tuvieron su propio enfoque al problema de asignación, como lo son Easterfield y Robinson. (Schrijver, 2005)

1.4.1.2 Aplicaciones del modelo de asignación en la vida cotidiana

- *Aplicaciones del problema de asignación en la planificación de horarios*

La programación de empleados, máquinas, tareas, mano de obra, aulas, lotes, entre otros, entran como problemas de planificación de horarios. El objetivo es encontrar un costo mínimo de asignación de trabajos a un conjunto de recursos, durante un período de tiempo limitado. (Öncan, 2007)

- *Aplicaciones del problema de asignación en problemas de transporte y rutas*

El problema general del transporte se relaciona con la determinación de una estrategia óptima, para distribuir una mercancía desde centros de consumo masivo, tales como empresas manufactureras, llamadas puntos de inicio, dirigidos a múltiples centros de acopios, como sucursales, llamados puntos finales. De tal manera, que se minimice los costos la distribución total. Estas fuentes pueden ser reemplazadas por cualquier tipo de lugar donde se requiera transportar un producto de un lugar a otro, como pueden ser, ferreterías, panaderías, restaurantes, entre otros. Asimismo, donde se requiera que un producto llegue a su destino, se lo conoce como cliente, tienda, comerciante menor, entre otros. (Barber, 2017)

- *Aplicaciones en problemas de planificación de la producción*

Son muchas las aplicaciones en la planificación de la producción, entre las cuales sobresalen, la planeación de una producción a cumplir, la cantidad más cercana a la óptima de producción, el conocimiento pleno de la capacidad, inventarios organizados de manera paulatina, la asignación de los operadores, el orden sobre lo producido y los estándares de calidad. (UDIMA, 2022)

- *Aplicaciones en la logística y la cadena de suministro*

Cuando se trata de la cadena de suministro, centros de distribución de consumo masivo buscan la mejor posición para guardar o distribuir productos para cumplir con la demanda de los consumidores. Asimismo, las funciones de almacenamiento tienen un

peso relativo en cuanto a costos logísticos, como los son los costos operacionales y de inversión. En ocasiones, el almacenamiento comprende un número alto de posicionamiento de productos, así como, una planeación no adecuada y un orden de las operaciones de la sucursal, lo que puede ocasionar escenarios no satisfactorios entorno a costos de operación y los niveles de servicio. Por esto, la optimización en el campo del almacenamiento se ha convertido en un propósito de indispensable, ya que mejorando la eficiencia de los costos genera ahorros significativos en movimiento. Igualmente, estas empresas tienen que priorizar recursos para brindar una entrega de órdenes factible, minimizando costos en función con distancias recorridas.(Cano et al., 2018)

1.4.2. Base teórica

- *Programación lineal*

La programación lineal es aquella que estudia la optimización de una función lineal ya sea minimización o maximización de un problema, satisfaciendo un conjunto de restricciones lineales de igualdad o desigualdad.

Se puede aplicar a varios problemas, desde la asignación de instalaciones de producción a los productos, hasta la asignación de los recursos nacionales a las necesidades de un país; desde la selección de una cartera de inversiones, hasta la selección de los patrones de envío; desde la planeación agrícola, hasta el diseño de una terapia de radiación, entre otras.

Por lo tanto, la programación lineal involucra la planeación de actividades para obtener un resultado óptimo; un problema de programación lineal o LP (Linear Programming), dispone de un procedimiento de solución eficiente llamado Método Simplex, que sirve incluso para problemas de gran tamaño. (Hillier & Lieberman, 2010)

El objetivo principal consiste en minimizar o maximizar funciones lineales, en varias variables, con restricciones lineales que se representan con un sistema de ecuaciones lineales, y optimizando una función objetivo también lineal.

Para resolver los problemas de programación lineal consiste en la identificación de los elementos básicos de un modelo matemático:

- Función objetivo
- Variables de decisión
- Restricciones

Se procede a definir el criterio de la función objetivo, identificar y definir variables, identificar y definir restricciones, y por último plantear la función objetivo.

- *Función objetivo*

La función objetivo responde a la pregunta general que se desea responder o analizar, ya sea minimizar costos o maximizar las ganancias.

- *Variables de decisión*

Las variables de decisión son factores controlables del sistema que se está modelando, y pueden tomar diversos valores posibles, de los cuales se precisa saber cuál es su valor óptimo, y que contribuya con la consecución del objetivo de la función general del problema modelado.

- *Restricciones*

Las restricciones en un problema de programación lineal, es aquello que limita la libertad de los valores que pueden tomar las variables de decisión. Para hallarlas es necesario pensar en un caso hipotético en el que se decidiera dar un valor infinito a las variables de decisión,

al definir las limitantes del problema se generan las restricciones pertinentes para que el modelo de programación lineal arroje el valor óptimo. (Salazar López, 2019)

- *Shift Scheduling Problem (SSP) o Problema de asignación de horarios*

El problema de asignación de horarios es un problema complejo de programación de enteros NP duros, especialmente cuando se trata de muchos turnos y una gran cantidad de trabajadores de varios rangos y habilidades múltiples, además en la programación de turnos se deben cumplir con ciertas regulaciones laborales y las reglas.

El problema se centra en la coordinación de planes de carga de trabajo y en la asignación y planificación de los horarios del personal, su objetivo principal es optimizar y satisfacer la demanda de recursos que cambian con el tiempo, normalmente estos problemas ocurren en industrias de servicios, transporte, entre otros. (Shuib & Kamarudin, 2019)

- *Algoritmo Greedy*

Los algoritmos greedy o voraz se basan en una serie de pasos sencillos pero eficaces.

Buscan conseguir la respuesta óptima de cada paso local, con la idea final de alcanzar una solución general inmejorable.

A su vez, estos algoritmos eligen decisiones de corto alcance, apoyándose en los datos que se tiene a disponibilidad, sin tener en cuenta consecuencias futuras.

El nombre de “voraz” corresponde a que, en cada iteración, el algoritmo toma la mejor respuesta del espacio de posibles soluciones sin la preocupación de centrarse en los pasos restantes hasta encontrar la solución.

Resolver estos tipos de problemas de optimización requieren encontrar un conjunto de candidatos para optimizar la función objetivo. El algoritmo funciona con los siguientes

pasos. Inicialmente, el grupo de candidatos está vacío. Luego, en cada paso, intente agregar al conjunto el mejor candidato no seleccionado por la función de selección. Si no se puede completar el conjunto de resultados, se rechazará el procesamiento posterior del candidato. De lo contrario, se une al grupo de candidatos seleccionados y siempre permanece allí. Después de cada adición, verifique que el conjunto de resultados sea la solución al problema. Si la solución así encontrada es siempre óptima, entonces el algoritmo voraz es correcto.

- *Algoritmos heurísticos*

Una heurística es una técnica diseñada para resolver un problema más rápido cuando los métodos clásicos son demasiado lentos, o para encontrar una solución aproximada cuando los métodos clásicos no pueden encontrar una solución exacta.

Algunos problemas son tan complejos que es posible que no se obtenga una solución aceptable en un tiempo aceptable. En este caso, a menudo se puede llegar a una solución decente más rápido utilizando una elección arbitraria (suposición fundamentada).

Una heurística sigue siendo un algoritmo, pero no se explora todos los estados posibles de un problema, ni se comienza explorando el estado más probable.

En algunos casos, no se está buscando la mejor solución, sino cualquier solución que se ajuste a alguna restricción. Una buena heurística ayudará a encontrar una solución en poco tiempo, pero también podrá no encontrarla si las únicas soluciones están en los estados que eligió no intentar.

- *Algoritmos metaheurísticos*

Los procedimientos metaheurísticos son una clase de métodos aproximados que están diseñados para resolver problemas difíciles de optimización combinatoria, en los que los

heurísticos clásicos no son ni efectivos ni eficientes. Los metaheurísticos proporcionan un marco general para crear nuevos algoritmos híbridos combinando diferentes conceptos derivados de la inteligencia artificial, la evolución biológica y la mecánica estadística.

Las metaheurísticas son susceptibles de agruparse de varias formas. Algunas clasificaciones recurren a cambios sucesivos de una solución a otra en la búsqueda del óptimo, mientras otras se sirven de los movimientos aplicados a toda una población de soluciones.

Las metaheurísticas empleadas en la optimización combinatoria en podrían clasificarse en tres grandes conjuntos. Las primeras generalizan la búsqueda secuencial por entornos de modo que, una vez se ha emprendido el proceso, se recorre una trayectoria de una solución a otra vecina hasta que éste concluye. En el segundo grupo se incluyen los procedimientos que actúan sobre poblaciones de soluciones, evolucionando hacia generaciones de mayor calidad. El tercero lo constituyen las redes neuronales artificiales. Esta clasificación sería insuficiente para aquellas metaheurísticas híbridas que emplean, en mayor o menor medida, estrategias de unos grupos y otros. Esta eventualidad genera un enriquecimiento deseable de posibilidades adaptables, en su caso, a los diferentes problemas de optimización combinatoria.(Gonzlez-Vidosa et al., 2008)

1.4.3 Estado del arte

- ***Resolviendo problema de programación de turnos con preferencia de días libres para trabajadores de centrales eléctricas utilizando un modelo de asignación con objetivo entero binario.***

El problema de programación de turnos SSP (*Shift Scheduling Problem*) es un problema *NP-hard* complejo de programación de entera, especialmente cuando se trata de muchos turnos y una gran cantidad de trabajadores de varios rangos y habilidades múltiples. La

asignación de turnos también debe cumplir con ciertas regulaciones laborales y con reglas y políticas de la organización. Se han desarrollado y resuelto varios modelos para SSP. Sin embargo, todavía faltan estudios sobre SSP para trabajadores de centrales eléctricas o proveedores de servicios públicos. Este documento presenta el estudio sobre la asignación de turnos de los trabajadores en la central eléctrica más grande de Malasia. Los objetivos de este estudio son identificar los principales criterios y condiciones del SSP en la central eléctrica, formular un modelo de asignación con objetivos enteros binarios BGP (*Binary Goal Programming*) para el SSP, que optimice la preferencia de los trabajadores por el día libre, y así, determinar el horario óptimo para los trabajadores basado en el modelo.

La programación se centra en tres procesos que son: el modelado de la demanda, la asignación de turnos y la programación de días libres. El estudio involucra la asignación de 43 trabajadores en un departamento seleccionado de la central durante 28 días donde los trabajadores laboran en tres turnos (matutino, vespertino y nocturno) y tienen días de disponibilidad y descanso.

El modelo SSP-BGP considera la preferencia de días libres de los trabajadores como su característica principal e introduce una función objetivo que maximiza el cumplimiento y minimiza el bajo cumplimiento de la preferencia de días libres. Aborda objetivos múltiples en conflicto al determinar el cronograma óptimo utilizando el enfoque de programación por objetivos. El modelo también presentó nuevas restricciones duras y blandas, que reflejan la naturaleza de los requisitos de los turnos para estos trabajadores al determinar el horario óptimo. Se han obtenido los datos necesarios de la central y se ha adquirido la validación y verificación del modelo con la colaboración de su personal.

El modelo SSP-BGP se resolvió usando MATLAB en un tiempo razonable. Reduce significativamente el tiempo para obtener una programación mensual en comparación con

la programación manual actual. Con base en el cronograma de 28 días obtenido, la satisfacción de los trabajadores con la preferencia de días libres ha aumentado en un 37,21%, es decir, del 43,02% en base al cronograma elaborado existente al 80,23% en el cronograma elaborado en base al modelo SSP-BGP. El modelo ha mostrado un buen desempeño no solo al generar un horario óptimo basado en el número y la composición requerida de trabajadores por turnos, sino también al proporcionar impactos positivos en los trabajadores a través de la satisfacción de las preferencias de días libres y la posibilidad de trabajar con diferentes grupos. (Shuib & Kamarudin, 2019)

- ***The staff scheduling problem: a general model and applications.***

En este artículo, se diseñan los primeros algoritmos de transmisión para el problema multitarea de programación en máquinas paralelas con procesamiento compartido. De una sola pasada, los esquemas de aproximación pueden proporcionar un valor aproximado de la duración óptima.

Si los trabajos se pueden leer en dos pases, el algoritmo puede encontrar el horario con el valor aproximado. Este trabajo no solo proporciona una solución algorítmica de *big data* para el problema estudiado, pero también da una idea del diseño de algoritmos de transmisión para otros problemas en el ámbito de la programación.

Algunos ejemplos de las actividades rutinarias programadas son reuniones administrativas, de mantenimiento, de trabajo o descansos para comer. En estos escenarios, algunos miembros del equipo deben ser asignados para realizar estas actividades de rutina mientras los miembros restantes del equipo aún se enfocan en las tareas principales. Dado que las actividades rutinarias son esenciales para el mantenimiento del sistema general en muchas situaciones, por lo general se administran por separado y se programan independientemente del sistema principal de trabajos. Cuando estos problemas multitarea se modelan en la

teoría de la programación, un equipo de trabajo se ve como una máquina, que puede tener algunos períodos durante los cuales los trabajos de rutina y los trabajos primarios comparten la capacidad de procesamiento. (Soares et al., 2013)

- ***Streaming algorithms for multitasking scheduling with shared processing***

La programación de los empleados es una tarea compleja y que requiere mucho tiempo. Es complejo porque implica asignar a las personas adecuadas para el puesto adecuado en el tiempo justo. Está condicionado por diversas normas legales, laborales y de otra índole organizativa. Y a menudo se enfrenta a objetivos contrapuestos, como la minimización de los costes laborales o del tamaño de la plantilla y la satisfacción de las preferencias de los empleados, por ejemplo. Lleva mucho tiempo porque es una tarea periódica y todavía se realiza manualmente en la mayoría de las organizaciones.

El trabajo de investigación descrito en esta tesis trata sobre el desarrollo de métodos para la programación automática de empleados, en particular para su asignación simultánea a turnos de trabajo y días libres. El trabajo se enfoca en el diseño de un modelo general de programación entera (IP) que, siguiendo un enfoque de optimización, se puede adaptar fácilmente y resolver un amplio conjunto de diferentes problemas del mundo real. Una formulación innovadora de la secuencia y las restricciones de consecutividad le dan al modelo la flexibilidad para acomodar características variables de los problemas. Un enfoque cíclico asegura la generación de horarios de trabajo equitativos y predecibles. (Fu et al., 2022)

Los artículos expuestos anteriormente permitieron fundamentar las pautas a seguir en cuanto a los procesos de programación. Con base en éstos, se procedió a llevar un orden y trabajar con los modelos de la demanda, la asignación de turnos y la programación de días libres. Además, profundizó los conceptos de la generación y adecuación de un

pseudocódigo, para tener una representación más detallada de los procesos a realizar al momento de la asignación de horarios.

CAPITULO 2

2 METODOLOGÍA

En este capítulo se detalla paso a paso la metodología a seguir en el proyecto integrador, desde la obtención de información, en la cual se diseñará un algoritmo que asigne al personal de un centro de distribución de consumo masivo, hasta la comparación entre las situaciones actuales y previstas, como se observa en la *Figura 2.1 Fases para la implementación del algoritmo*

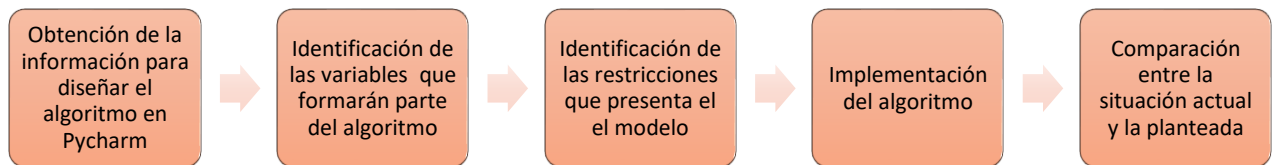


Figura 2.1 Fases para la implementación del algoritmo

Fuente: Los autores

Para llevar a cabo y cumplir con todos los objetivos planteados, se procedió a realizar un levantamiento de información, mediante encuestas y visitas de campo, para obtener datos relevantes y significativos, analizando el horario establecido por la actual administración.

Una vez realizado el primer paso se procede a la identificación de las variables del problema, es decir, cuantos trabajadores había por cargo, cuál era la demanda que requería cada cargo, nómina del centro de distribución, la productividad por cada cargo, el número de turnos del centro de distribución.

Se procede, como tercer paso la identificación de las restricciones o limitaciones del problema, que servirán para la implementación del algoritmo, esta restricción es que el operador debe tener dos días consecutivos libres de los siete días de la semana.

Posterior a eso, se procedió a la implementación del algoritmo en un lenguaje de programación Python, que ayudó a la obtención del horario del personal del centro de distribución.

Finalmente se evaluó y comparó la asignación del horario del personal propuesto con el actual, y que le permita a la empresa aumentar su productividad.

2.1 TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

El enfoque de la presente investigación es único. Se trabajó en el ámbito cualitativo, donde se tomó en cuenta las variables de interés numérico en la recolección de datos. Además, de preguntas claves respecto a los horarios y costos de las operaciones, las características de la problemática con sus debidas restricciones y cómo estas se presentan el modelo de asignación de horarios.

2.1.1. Levantamiento de información

2.1.1.1 Observación participativa

En el proyecto integrador se dispuso de una visita de campo al centro de distribución de consumo masivo, donde se evidenció de manera directa las falencias que se presentan como problema de una mala asignación del personal en el área de productos secos, produciendo así, una baja productividad.

Recorriendo las instalaciones se pudo evidenciar que existe una no conformidad en la utilización del personal en el área no automatizada del centro de distribución, donde se pudo tomar nota de las variables y restricciones más importantes que entran en el modelo. Además, se hizo un listado de la información relevante que el jefe de área compartió en la visita técnica, junto con una serie de entrevistas que ayudaron a despejar dudas.

2.1.1.2. Análisis de documentos

A lo largo del proyecto integrador se trabajó con artículos científicos, libros y tesis que nos permitieron encontrar una identificación metodológica acertada. Asimismo, se realizó deducciones lógicas con la información recolectada y se fortalecieron los marcos conceptuales y teóricos.

2.1.1.3 Análisis de la información levantada: Situación actual

- *Levantamiento de información en el área de productos secos. -*

Para el levantamiento de esta información se nos proporcionó una base de datos que contiene las variables necesarias para que el modelo de asignación a realizar sea factible, entre ellas está: franjas horarias, matriz de costos por operador y horas extras.

Se pueden observar en la *Tabla 2.1 Demanda de personal asignado por día de la semana 1er turno, Tabla 2.2 Demanda de personal asignado por día de la semana 2do turno, Tabla 2.3 Costos por hora del personal, Tabla 2.4 Total de personas de primera franja, Tabla 2.5 Total de personas de segunda franja, Tabla 2.6 Franjas horarias en el día*, los datos de las matrices fueron brindados por el departamento de optimización del centro de distribución de consumo masivo. A continuación, se detallan los datos a utilizar:

Tabla 2.1 Demanda de personal asignado por día de la semana 1er turno

Personal diario requerido por actividad	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Computo	2	1	1	1	1	2	2
Despacho Courier	2	2	3	2	2	2	2
Monitoreo	2	2	2	2	3	2	2
Despachadores Cross docking	2	2	3	2	2	2	2
Auxiliar Slotting	3	3	3	2	1	2	1
Auxiliar de Combos	3	3	1	3	2	3	1
Digitador	3	3	3	2	4	3	2
Unidades logísticas	4	3	3	4	4	3	4
Auxiliar de Recepción - estiba	6	7	9	8	8	7	0
Despachadores Pick to light	10	10	9	10	10	10	10
Auxiliar de transporte	11	12	10	12	12	11	12
Despachadores en caja	21	21	21	21	20	20	21
Autoelevartista- Montacarga	10	10	10	10	10	10	10
Auxiliares de mantenimiento	1	1	1	1	1	1	1
Asistente Unidades logísticas	1	1	1	1	1	0	0
Asistente operativo Cross docking	1	1	1	1	1	1	1
Asistente operativo Pick to light	1	1	1	1	1	1	1
Asistente Despacho en caja	1	1	1	1	1	1	1
Auxiliar de Recepción	3	4	2	4	3	4	2
Jefe operativo	1	1	1	1	1	1	1
Jefe operativo Cross docking	1	1	1	1	1	1	1
Jefe operativo Pick to light	1	1	1	1	1	1	1

Tabla 2.2 Demanda de personal asignado por día de la semana 2do turno

Personal diario requerido por actividad	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Computo	1	2	2	1	1	2	1
Despacho Courier	2	2	2	1	1	1	1
Monitoreo	2	2	2	2	3	2	2
Despachadores Cross docking	-	-	-	-	-	-	-
Auxiliar Slotting	3	3	3	2	1	2	1
Auxiliar de Combos	-	-	-	-	-	-	-
Digitador	3	3	3	2	4	3	2
Unidades logísticas	3	3	3	3	2	3	3
Auxiliar de Recepción - estiba	-	-	-	-	-	-	-
Despachadores Pick to light	10	10	10	10	10	10	10
Auxiliar de transporte	7	8	8	8	8	8	8
Despachadores en caja	13	13	14	14	14	14	13
Autoelevartista- Montacarga	6	6	6	6	6	5	5
Auxiliares de mantenimiento	1	1	1	1	1	1	1
Asistente Unidades logísticas	1	1	1	1	1	0	0
Asistente operativo Cross docking	-	-	-	-	-	-	-
Asistente operativo Pick to light	1	1	1	1	1	1	1
Asistente Despacho en caja	1	1	1	1	1	1	1
Auxiliar de Recepción	-	-	-	-	-	-	-
Jefe operativo	1	1	1	1	1	1	1
Jefe operativo Cross docking	-	-	-	-	-	-	-
Jefe operativo Pick to light	1	1	1	1	1	1	1

Las matrices que se detallan en la **Tablas 2.1 y 2.2** de la demanda del personal asignado en el primer y segundo turno del día de la semana muestran la cantidad de personal requerido para la operación.

Tabla 2.3 Costos por hora del personal

Computo	\$ 3.78
Despacho Courier	\$ 3.78
Monitoreo	\$ 3.78
Despachadores Cross docking	\$ 3.78
Auxiliar Slotting	\$ 3.78
Auxiliar de Combos	\$ 3.78
Digitador	\$ 3.78
Unidades logísticas	\$ 3.78
Auxiliar de Recepción - estiba	\$ 3.78
Despachadores Pick to light	\$ 3.78
Auxiliar de transporte	\$ 3.78
Despachadores en caja	\$ 3.78
Autoelevarista- Montacarga	\$ 5.52
Auxiliares de mantenimiento	\$ 5.60
Asistente Unidades logisticas	\$ 7.15
Asistente operativo Cross docking	\$ 7.15
Asistente operativo Pick to light	\$ 7.15
Asistente Despacho en caja	\$ 7.15
Auxiliar de Recepción	\$ 7.15
Jefe operativo	\$ 10.42
Jefe operativo Cross docking	\$ 10.42
Jefe operativo Pick to light	\$ 10.42
Jefe operativo Despacho en caja	\$ 10.42

La *tabla de 2.3* de costos por hora de personal muestran el valor que se le paga por hora a los trabajadores.

Tabla 2.4 Total de personas de primera franja

Computo	2
Despacho Courier	3
Monitoreo	3
Despachadores Cross docking	3
Auxiliar Slotting	3
Auxiliar de Combos	3
Digitador	4
Unidades logísticas	5
Auxiliar de Recepción - estiba	9
Despachadores Pick to light	14
Auxiliar de transporte	16
Despachadores en caja	29
Autoelevarista- Montacarga	15
Auxiliares de mantenimiento	2
Asistente Unidades logisticas	1
Asistente operativo Cross docking	2
Asistente operativo Pick to light	2
Asistente Despacho en caja	2
Auxiliar de Recepción	4
Jefe operativo	2
Jefe operativo Cross docking	2
Jefe operativo Pick to light	2
Jefe operativo Despacho en caja	2

Tabla 2.5 Total de personas de segunda franja

Computo	2
Despacho Courier	2
Monitoreo	3
Despachadores Cross docking	-
Auxiliar Slotting	3
Auxiliar de Combos	-
Digitador	4
Unidades logísticas	4
Auxiliar de Recepción - estiba	-
Despachadores Pick to light	14
Auxiliar de transporte	11
Despachadores en caja	19
Autoelevartista- Montacarga	8
Auxiliares de mantenimiento	2
Asistente Unidades logisticas	1
Asistente operativo Cross docking	-
Asistente operativo Pick to light	2
Asistente Despacho en caja	2
Auxiliar de Recepción	-
Jefe operativo	2
Jefe operativo Cross docking	-
Jefe operativo Pick to light	2
Jefe operativo Despacho en caja	2

Las **tablas 2.4 y 2.5** muestran el total de personal que se requiere para cumplir con las restricciones del problema, siendo un total de 130 personas en el primer turno y 83 personas en el segundo turno, juntando las dos franjas horarias se hace un total de 213 personas.

A su vez, el centro de distribución cuenta con dos franjas horarias para la asignación del personal.

Tabla 2.6 Franjas horarias en el día

<i>FRANJA HORARIA</i>	
<i>1 franja</i>	<i>7:00-16:00</i>
<i>2 franja</i>	<i>15:00-00:00</i>

Se presenta la **tabla 2.7, 2.8 y 2.9**, que corresponde a la tabla de productividad por cargo y la tabla de productividad por cargo, día y turno (1 y 2). Es importante recalcar que los datos obtenidos en esta tabla fueron suposiciones que se asemejan a la realidad de lo que ocurre en el centro de distribución.

Tabla 2.7 Productividad cargo

Cargo	Productividad
Computo	50
Despacho courier	300
Monitoreo	50
Despachadores cross docking	139
Auxiliar slotting	20
Auxiliar de Combos	139
Digitador	60
Unidades logísticas	215
Auxiliar de recepción - estiba	30
Despachadores pick to light	28
Auxiliar de transporte	40
Despachadores en caja	248
Autoelevartista- montacarga	35
Auxiliares de mantenimiento	55
Asistente unidades logísticas	20
Asistente operativo cross docking	358
Asistente operativo pick to light	652
Asistente despacho en caja	150
Auxiliar de recepción	30
Jefe operativo	20
Jefe operativo cross docking	30
Jefe operativo pick to light	30
Jefe operativo despacho en caja	30

Tabla 2.8 Productividad cargo y por día de la semana del turno 1

Cargo/día	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Computo	100	50	50	50	50	100	100
Despacho courier	900	600	600	600	600	600	600
Monitoreo	100	100	100	100	150	100	100
Despachadores cross docking	417	278	278	278	278	278	278
Auxiliar slotting	60	60	60	40	40	20	20
Auxiliar de Combos	556	417	417	417	417	278	278
Digitador	180	180	180	180	240	120	120
Unidades logísticas	645	645	645	860	860	860	860
Auxiliar de recepción - estiba	240	240	270	270	270	180	180
Despachadores pick to light	280	280	280	280	280	280	280
Auxiliar de transporte	480	480	480	480	480	400	400
Despachadores en caja	5208	5208	5208	5208	5208	4960	4960
Autoelevartista- montacarga	350	350	350	350	350	350	350
Auxiliares de mantenimiento	110	110	110	55	55	55	55
Asistente unidades logísticas	20	20	20	20	20	0	0
Asistente operativo cross docking	716	716	716	358	358	358	358
Asistente operativo pick to light	1304	1304	1304	652	652	652	652
Asistente despacho en caja	300	300	300	150	150	150	150
Auxiliar de recepción	120	120	120	120	120	90	60
Jefe operativo	40	40	40	20	20	20	20
Jefe operativo cross docking	60	60	60	30	30	30	30
Jefe operativo pick to light	60	60	60	30	30	30	30
Jefe operativo despacho en caja	60	60	60	30	30	30	30

Tabla 2.9 Productividad cargo y por día de la semana del turno 2

Cargo/día	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Computo	50	100	100	50	50	50	50
Despacho courier	600	600	600	300	300	300	300
Monitoreo	100	100	100	100	150	100	100
Despachadores cross docking	0	0	0	0	0	0	0
Auxiliar slotting	60	60	60	40	40	20	20
Auxiliar de Combos	0	0	0	0	0	0	0
Digitador	180	180	180	180	240	120	120
Unidades logísticas	645	645	645	645	645	645	430
Auxiliar de recepción - estiba	0	0	0	0	0	0	0
Despachadores pick to light	280	280	280	280	280	280	280
Auxiliar de transporte	280	320	320	320	320	320	320
Despachadores en caja	3472	3472	3472	3472	3224	3224	3224
Autoelevarista- montacarga	210	210	210	210	210	175	175
Auxiliares de mantenimiento	110	110	110	55	55	55	55
Asistente unidades logísticas	20	20	20	20	20	0	0
Asistente operativo cross docking	0	0	0	0	0	0	0
Asistente operativo pick to light	1304	1304	1304	652	652	652	652
Asistente despacho en caja	300	300	300	150	150	150	150
Auxiliar de recepción	0	0	0	0	0	0	0
Jefe operativo	40	40	40	20	20	20	20
Jefe operativo cross docking	0	0	0	0	0	0	0
Jefe operativo pick to light	60	60	60	30	30	30	30
Jefe operativo despacho en caja	60	60	60	30	30	30	30

En la **Tabla 2.7 Productividad por cargo**, es el arreglo de valores en donde se detalla lo que un solo trabajador hace por cargo, es decir un solo trabajador de cómputo tiene una productividad de 50 ingresos por hora al día y así sucesivamente para cada operador en su respectivo cargo.

Por otro lado, la **Tabla 2.8 y 2.9** representa la demanda multiplicada con la **Tabla 2.7**, dando finalmente la tabla de demanda de productividad del turno 1 y del turno 2.

2.2 DESCRIPCION DE LOS MODELOS

2.2.1 Formulación

Para formular el modelo de planificación de horarios, se trabajó con variables de decisión tipo binario, además de variables con determinados subíndices donde cada uno de ellos tomará elementos de un determinado conjunto previamente definido (Walls Mestanza, 2020). Estos conjuntos serán: franjas horarias, días de la semana, total del personal. Y por

consecuente, la variable que tomará el valor uno cuando el trabajador labore en ese día y en esa franja horaria, y devolverá un valor 0 cuando tenga día libre.

2.2.2 Modelo

Índices

i : Índice del personal, $i = 1, 2, \dots, l$

j : Índice de día, $j = 1, 2, \dots, m$

k : Índice de la franja, $k = 1, 2, \dots, n$

l : Número del personal, $l = 213$

m : Número de días, $m = 7$

n : Número de franjas $n = 2$

p : Número de grupos $p = 5$

X_{ijk} : Variable de decisión para el i – ésimo personal, del j – ésimo día, en la k – ésima franja

X_{ijk}^p : Variable de decisión para el p_i – ésimo grupo del i – ésimo personal, del j – ésimo día, en la k – ésima franja

h_{ij} : Variable de desición para el día libre del i – ésimo personal, del j – ésimo día

Función objetivo

$$\min z = \sum_i^l \sum_j^m \sum_k^n X_{ijk} \quad (2.1)$$

Sujeto a

Restricción 1

Personal de computo

$$\sum_{i=1}^4 X_{ijk}^1 \geq 1 \quad \forall j \forall k \quad (2.2)$$

Restricción 2

Personal de despacho Courier/ 1er turno

$$\sum_{i=5}^7 X_{ij1}^1 \geq 2 \quad \forall j \quad (2.3)$$

Restricción 3

Personal de despacho Courier/ 2do turno

$$\sum_{i=8}^9 X_{ij2}^1 \geq 1 \quad \forall j \quad (2.4)$$

Restricción 4

Personal de monitoreo

$$\sum_{i=10}^{15} X_{ijk}^1 \geq 2 \quad \forall j \forall k \quad (2.5)$$

Restricción 5

Personal de despacho Courier/ 1er turno único

$$\sum_{i=5}^7 X_{ij1}^1 \geq 2 \quad \forall j \quad (2.6)$$

Restricción 6

Personal de auxiliar de Slotting

$$\sum_{i=19}^{24} X_{ijk}^1 \geq 1 \quad \forall j \forall k \quad (2.7)$$

Restricción 7

Personal de auxiliar combos/ 1er turno único

$$\sum_{i=25}^{27} X_{ij1}^1 \geq 1 \quad \forall j \quad (2.8)$$

Restricción 8

Personal de digitadores

$$\sum_{i=19}^{24} X_{ijk}^1 \geq 1 \quad \forall j \forall k \quad (2.9)$$

Restricción 9

Personal de unidades logísticas/ 1er turno

$$\sum_{i=36}^{40} X_{ij1}^1 \geq 3 \quad \forall j \quad (2.10)$$

Restricción 10

Personal de unidades logísticas/ 2do turno

$$\sum_{i=41}^{44} X_{ij2}^1 \geq 2 \quad \forall j \quad (2.11)$$

Restricción 11

Personal de auxiliar de recepción/ 1er turno único

$$\sum_{i=45}^{53} X_{ij1}^1 \geq 6 \quad \forall j \quad (2.12)$$

Restricción 12

Personal de despachadores pick to lift

$$\sum_{i=54}^{81} X_{ijk}^1 \geq 9 \quad \forall j \forall k \quad (2.13)$$

Restricción 13

Personal de auxiliar de transporte/ 1er turno

$$\sum_{i=82}^{97} X_{ij1}^1 \geq 10 \quad \forall j \quad (2.14)$$

Restricción 14

Personal de auxiliar de transporte / 2do turno

$$\sum_{i=98}^{108} X_{ij2}^1 \geq 7 \quad \forall j \quad (2.15)$$

Restricción 15

Personal de despachador de caja/ 1er turno

$$\sum_{i=109}^{137} X_{ij1}^1 \geq 20 \quad \forall j \quad (2.16)$$

Restricción 16

Personal de despachador de caja/ 2do turno

$$\sum_{i=138}^{156} X_{ij2}^1 \geq 13 \quad \forall j \quad (2.17)$$

Restricción 17

Personal de montacargas/ 1er turno

$$\sum_{i=157}^{171} X_{ij1}^2 \geq 10 \quad \forall j \quad (2.18)$$

Restricción 18

Personal de montacargas/ 2do turno

$$\sum_{i=172}^{179} X_{ij2}^2 \geq 5 \quad \forall j \quad (2.19)$$

Restricción 19

Personal de auxiliar de mantenimiento

$$\sum_{i=180}^{183} X_{ijk}^3 \geq 1 \quad \forall j \forall k \quad (2.20)$$

Restricción 20

Personal de asistente de unidades logística

$$\sum_{i=184}^{185} X_{ijk}^4 \geq 1 \quad \forall j \forall k \quad (2.21)$$

Restricción 21

Personal de asistente operativo cross docking/ 1er turno único

$$\sum_{i=186}^{187} X_{ij1}^4 \geq 1 \quad \forall j \quad (2.22)$$

Restricción 22

Personal de asistente operativo pick to lift

$$\sum_{i=188}^{191} X_{ij1}^4 \geq 1 \quad \forall j \forall k \quad (2.23)$$

Restricción 23

Personal de asistente operativo despacho de caja

$$\sum_{i=192}^{195} X_{ijk}^4 \geq 1 \quad \forall j \forall k \quad (2.24)$$

Restricción 24

Personal de asistente auxiliar de recepción/ 1er turno único

$$\sum_{i=196}^{199} X_{ij1}^4 \geq 1 \quad \forall j \quad (2.25)$$

Restricción 25

Personal de jefe operativo

$$\sum_{i=200}^{203} X_{ijk}^5 \geq 1 \quad \forall j \forall k \quad (2.26)$$

Restricción 26

Personal jefe operativo cross docking/ 1er turno único

$$\sum_{i=204}^{205} X_{ij1}^5 \geq 1 \quad \forall j \quad (2.27)$$

Restricción 27

Personal de jefe operativo pick to lift

$$\sum_{i=206}^{209} X_{ijk}^5 \geq 1 \quad \forall j \forall k \quad (2.28)$$

Restricción 28

Personal de jefe operativo despacho de caja

$$\sum_{i=210}^{213} X_{ijk}^5 \geq 1 \quad \forall j \forall k \quad (2.29)$$

Restricción 29

Trabajador del turno de la noche no puede trabajar en el turno de la mañana del día siguiente

$$X_{ij2}^p + X_{i(j+1)1}^p \leq 1 \quad \forall j \forall k \quad (2.30)$$

Restricción 30

Dos días de descanso en la semana

$$h_{ij} + h_{i(j+1)} + h_{i(j+2)} + h_{i(j+3)} + h_{i(j+4)} + h_{i(j+5)} + h_{i(j+6)} = 2 \quad (2.31)$$

Restricción 31

No trabajar en día libre

$$\sum_{i=1}^2 X_{ijk}^p = 1 - h_{ij} \quad (2.32)$$

Explicación de las restricciones

Las restricciones del (2.2) al (2.29) son aquellas en las que abarcan los 213 trabajadores, teniendo 5 conjuntos X^p , agrupados por medio del pago por hora, donde se busca asignar el número de trabajadores para la franja de horarios k .

La restricción (2.29) indica que, si la persona trabaja en la noche, no puede trabajar en el día y viceversa.

La restricción (2.30) indica que cada miembro del grupo debe tener un 2 día libre consecutivo, es decir, que tengan 5 días laborables.

2.2.3 Algoritmo para la implementación del modelo

La formulación matemática que se propuso para la asignación de horarios del personal es de una clasificación compleja, por lo que se procedió a implementar el algoritmo greedy, este algoritmo glotón de búsqueda local sigue una heurística que se basa en elegir una opción factible en cada paso local, con la esperanza de alcanzar la optimalidad y llegar al menos a una solución factible.

El algoritmo greedy de asignación realiza lo siguiente:

Por ejemplo, la demanda de personal del cargo cómputo por día de la semana en el 1er turno es la siguiente:

L	M	M	J	V	S	D
2	1	1	1	1	2	2

Figura 2.2 Figura de la demanda del cargo cómputo en el primer turno

Índices
(0,1,2,3,4,5,6)

Figura 2.3 Figura de los índices de la semana

Los índices siendo los días de la semana.

Por lo que se procede ordenar de mayor a menor el arreglo de demanda, para que en el barrido se vaya calculando cuantos deben asignarse. Teniendo en cuenta que se debe cumplir con los 5 días laborables de la semana seguidos, y a su vez, los índices se van ordenando de forma secuencial a la par con el arreglo de demanda, quedando lo siguiente:

S	D	L	M	M	J	V
2	2	2	1	1	1	1

Figura 2.4 Figura de la demanda del cargo cómputo ordenada

Índices
(5,6,0,1,2,3,4)

Figura 2.5 Figura de los índices de la semana ordenados

Así, empieza iterando y asignando un operador por día de la semana para el cumplimiento de la demanda. Restando del arreglo de demanda un operador a la misma vez que es asignado.

S	D	L	M	M	J	V
1	1	1	0	0	1	1

Figura 2.6 Figura de la demanda del cargo cómputo en el primer turno una vez restado los operadores

Asignación

L	M	M	J	V	S	D
1	1	1	0	0	1	1

Figura 2.7 *Figura de la demanda del cargo cómputo en el primer turno una vez asignado el operador uno*

Se regresa al primer día para seguir asignando, dependiendo si existe demanda o no.

S	D	L	M	M	J	V
0	0	0	0	0	0	0

Figura 2.8 *Figura de la demanda del cargo cómputo en el primer turno una vez restado los operadores*

Asignación

L	M	M	J	V	S	D
1	0	0	1	1	1	1

Figura 2.9 *Figura de la demanda del cargo cómputo en el primer turno una vez asignado el operador dos*

Quedando así, la siguiente matriz de cómputo:

Tabla 2.10 *Matriz de asignación de personal en el cargo: Cómputo*

[1	1	1	0	0	1	1
	1	0	0	1	1	1	1]

Correspondiente al primer turno.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo en la **Figura 2.10** con la estructura del algoritmo implementado.

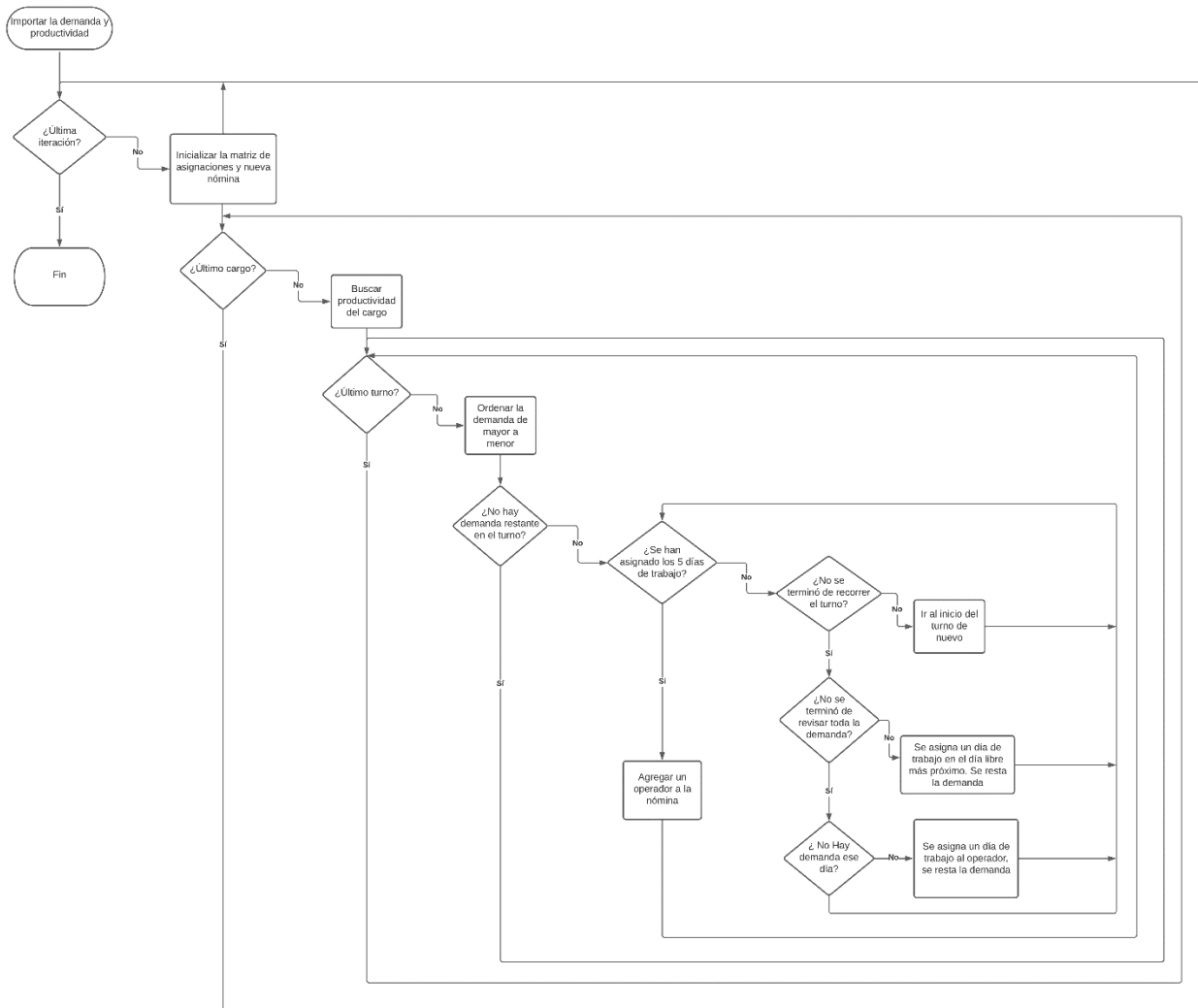


Figura 2.10 Diagrama de flujo del Algoritmo

2.3 USO DEL SOFTWARE

A continuación, se mencionan las herramientas tecnológicas, que se usaron para la resolución del modelo matemático y permitieron que se llegue a la respuesta factible.

- **PyCharm**

PyCharm es un entorno de desarrollo integrado, para el lenguaje de programación de Python. Tiene como funcionalidad proporcionar una finalización del código inteligente, además, de hacer inspecciones del código, identificar errores sobre la

marcha y arreglos rápidos; y consta de múltiples paquetes científicos como Matplotlib y NumPy. Se integra con IPython Notebook, y cuenta con una consola Python interactiva.

Para la realización del algoritmo se utilizó la versión PyCharm Community Edition 2019.3.1, con Python 3.7.

- **Microsoft Excel**

Excel es una herramienta muy poderosa para extraer información significativa de grandes cantidades de datos. También funciona muy bien para cálculos simples y para almacenar casi cualquier tipo de información. La clave para desbloquear este potencial es la cuadrícula de celdas. Las celdas pueden contener números, texto o fórmulas. Los datos se ingresan en celdas y se agrupan en filas y columnas. Le permite agregar, ordenar y filtrar datos, ponerlos en tablas y crear gráficos muy visuales. (Microsoft, 2022)

Utilizando Microsoft 365 que permitió recolectar la información brindada por la empresa de consumo masivo, facilitando así la lectura de datos y el entendimiento del problema.

2.4 CONSIDERACIONES LEGALES Y ÉTICAS

En esta sección se explica los principales principios éticos y legales que se establecen en el código de trabajo y la constitución de la República del Ecuador. A continuación, se mencionan los puntos más importantes de cada artículo, que van de acorde con la realización del presente proyecto.

2.4.1. Código de trabajo

Capítulo V De la duración máxima de la jornada de trabajo, de los descansos obligatorios y de las vacaciones Parágrafo 1ro. De las jornadas y descansos

Art. 47.- De la jornada máxima. - La jornada máxima de trabajo será de ocho horas diarias, de manera que no exceda de cuarenta horas semanales, salvo disposición de la ley en contrario. El tiempo máximo de trabajo efectivo en el subsuelo será de seis horas diarias y solamente por concepto de horas suplementarias, extraordinarias o de recuperación, podrá prolongarse por una hora más, con la remuneración y los recargos correspondientes.

Art. 55.- Remuneración por horas suplementarias y extraordinarias.- Por convenio escrito entre las partes, la jornada de trabajo podrá exceder del límite fijado en los artículos 47 y 49 de este Código, siempre que se proceda con autorización del inspector de trabajo y se observen las siguientes prescripciones: 1. Las horas suplementarias no podrán exceder de cuatro en un día, ni de doce en la semana; 2. Si tuvieren lugar durante el día o hasta las 24H00, el empleador pagará la remuneración correspondiente a cada una de las horas suplementarias con más un cincuenta por ciento de recargo. Si dichas horas estuvieren comprendidas entre las 24H00 y las 06H00, el trabajador tendrá derecho a un ciento por ciento de recargo. Para calcularlo se tomará como base la remuneración que corresponda a la hora de trabajo diurno; 3. En el trabajo a destajo se tomarán en cuenta para el recargo de la remuneración las unidades de obra ejecutadas durante las horas excedentes de las ocho obligatorias; en tal caso, se aumentará la remuneración correspondiente a cada unidad en un cincuenta por ciento o en un ciento por ciento, respectivamente, de acuerdo con la regla anterior. Para calcular este recargo, se tomará como base el valor de la unidad de la obra realizada durante el trabajo diurno; y, 4. El trabajo que se ejecutare el sábado o el domingo deberá ser pagado con el ciento por ciento de recargo. (Trabajo, 2022)

2.4.2 Constitución de la República del Ecuador

Capítulo sexto Trabajo y producción

Sección tercera

Formas de trabajo y su retribución

Art. 328.- La remuneración será justa, con un salario digno que cubra al menos las necesidades básicas de la persona trabajadora, así como las de su familia; será inembargable, salvo para el pago de pensiones por alimentos. El Estado fijará y revisará anualmente el salario básico establecido en la ley, de aplicación general y obligatoria. El pago de remuneraciones se dará en los plazos convenidos y no podrá ser disminuido ni descontado, salvo con autorización expresa de la persona trabajadora y de acuerdo con la ley. Lo que el empleador deba a los trabajadores, por cualquier concepto, constituye crédito privilegiado de primera clase, con preferencia aun a los hipotecarios. Para el pago de indemnizaciones, la remuneración comprende todo lo que perciba la persona trabajadora en dinero, en servicios o en especies, inclusive lo que reciba por los trabajos extraordinarios y suplementarios, a destajo, comisiones, participación en beneficios o cualquier otra retribución que tenga carácter normal. Se exceptuarán el porcentaje legal de utilidades, los viáticos o subsidios ocasionales y las remuneraciones adicionales. Las personas trabajadoras del sector privado tienen derecho a participar de las utilidades líquidas de las empresas, de acuerdo con la ley. La ley fijará los límites de esa participación en las empresas de explotación de recursos no renovables. En las empresas en las cuales el Estado tenga participación mayoritaria, no habrá pago de utilidades. Todo fraude o falsedad en la declaración de utilidades que perjudique este derecho se sancionará por la ley. (Trabajo, 2022)

Es importante destacar que las leyes propuestas para la resolución de este proyecto son significativas, debido a que se usó en la sección de análisis de costos, para tomar en

cuenta las horas del operador, el salario mínimo por hora, o el aumento de sueldo al tener horas extras, además de las leyes en los que presentan los derechos del trabajador.

2.5 CRONOGRAMA DE TRABAJO

Cronograma de trabajo																
Meses	Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero			
Actividades/Semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Descripción y definición del problema																
Realización de los objetivos																
Recopilación de datos de campo																
Procesamiento de información																
Metodología																
Análisis de la situación actual																
Análisis de la situación propuesta																
Diseño del modelo en el software																
Análisis de resultados																
Comparativa de escenarios																
Entregables a la empresa																

Figura 2.3 Cronograma de trabajo por mes y divididas en semanas

Fuente: Los autores

En la figura 2.3 se refleja las actividades realizadas entre los meses de octubre de 2022 y enero de 2023 que formaron parte de la ejecución del proyecto integrador. El trabajo fue distribuido de una manera equitativa tomando en promedio de 3 a 4 semanas el cumplimiento de las mismas. Lo primero que se llevó a cabo, fue la descripción y la definición del problema, así como, el planteamiento de los objetivos. Luego, se desarrolló la metodología a seguir, diseñando modelos de asignación en un lenguaje de programación. Finalmente, se realizó una comparativa de resultados y se presentó una interfaz entregable.

CAPITULO 3

3 RESULTADOS Y ANÁLISIS

Una vez concluida la metodología que se utilizó para la definición de las variables y restricciones del problema, en esta sección se procedió a mostrar los resultados y análisis de la situación actual y la situación propuesta.

Para ello se realizó una comparativa del horario establecido del centro de distribución, donde se evidenció una asignación mejorada acorde a la demanda y nómina que se requiere, respetando las diferentes restricciones planteadas para el caso.

3.1 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN

Como aporte de los encargados de la distribución del personal, para el análisis de la situación actual se consideraron dos franjas de horarios de trabajo, la primera que es de 7:00-16:00 y la segunda es 15:00-00:00.

Uno de los principales parámetros de evaluación que se consideraron es el resultado que se obtuvo al trabajar con la nómina dada, la demanda del personal por día y la comparativa entre los costos por personal dados versus el resultado actual obtenido.

Nómina: Medida cuantitativa que proporciona la oferta dada por el empleador del centro de distribución, su medición es en número de personas por cargo (número de personas/cargo).

Demanda: Medida cuantitativa asignada por el empleador del centro de distribución por día (lunes a domingo), su medición es personal por día (número de personas/día)

Costos por personal: Medida cuantitativa asignada por el empleador del centro de distribución, basándose en el valor monetario a pagar, su medición es en horas hombre por hora. (\$/hh)

Productividad: Medida cuantitativa que sirve para medir el desempeño del operador, basándose en la demanda. Esta medida es una aproximación de lo que puede realizar un operador por cargo.

3.2 ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LA PROPUESTA

3.2.1. Aplicación del Algoritmo Greedy

Se aplicó un algoritmo Greedy como una búsqueda estocástica sobre un espacio de iteraciones, en las cuales, variaban las posiciones de inicio de asignación. Teniendo como resultado 7 posibles totales de soluciones. Siendo la más factible aquella que tiene como resultado 216 operadores para así poder suplir la demanda.

Al aplicar el algoritmo se evaluó los dos parámetros principales, la nómina y la demanda, para asignar el personal se tomó en cuenta la restricción principal de que un trabajador, independientemente del cargo, debe tener sus días de descanso de manera secuencial, indiferentemente del día en que se le asigne.

Asimismo, se aplicó un procedimiento lógico que consiste en iterar 7 veces, siendo de ayuda para que el algoritmo nos proporcione distintas soluciones y se pueda obtener una respuesta factible utilizando el ordenamiento de mayor a menor de la demanda. Estas iteraciones van variando desde el día 0 de la semana(lunes) hasta el día 6(domingo), en donde se empieza a asignar al operador por el cargo.

Secuencialmente, siguiendo con lo explicado en la sección 2.2.3 se diferencia los siguiente:

Las franjas de horarios se diferencian por los siguientes colores:

Tabla 3.1. Franjas horarias diferenciadas por color

TURNOS DE HORARIO LABORAL	
<i>1er turno</i>	<i>7:00-16:00</i>
<i>2do turno</i>	<i>15:00-00:00</i>

Asimismo, se procede a asignar un operador a los diferentes cargos para los días de la semana y en su correspondiente franja horaria, y a su vez, no se asigna operador cuando este haya trabajado sus cinco días laborales de corrido.

Se asignarán los números 0 y 1 de la siguiente manera:

{1, si el operador del cargo es asignado a un día de la semana en una franja horaria
0, si no es el caso

Tomando en cuenta los puntos previos de explicación, el algoritmo que ejecuta el lenguaje de programación Python, nos proporciona los siguientes resultados.

Asignación del cargo cómputo por días de la semana:

Tabla 3.2 Tabla de asignación del personal de cómputo por día de la semana

CARGO/DÍA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Computo	1	1	1	0	0	1	1
	1	0	0	1	1	1	1
	1	1	1	0	0	1	1
	0	1	1	1	1	1	0

Asignación del cargo despacho courier por días de la semana:

Tabla 3.3 Tabla de asignación del personal de despacho courier por día de la semana

CARGO/DÍA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Despacho courier	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	0	0	1	1
	1	0	0	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	0	0	1	1

Asignación del cargo monitoreo por días de la semana:

Tabla 3.4 Tabla de asignación del personal de monitoreo por día de la semana

CARGO/DÍA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Monitoreo	1	1	0	0	1	1	1
	0	0	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	0	0	1	1	1
	0	0	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	0	0

Asignación del cargo despachadores cross docking por días de la semana:

Tabla 3.5 Tabla de asignación del personal de despachadores cross docking por día de la semana

CARGO/DÍA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Despachadores cross docking	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	0	0	1	1
	1	0	0	1	1	1	1

Asignación del cargo auxiliar slotting por días de la semana:

Tabla 3.6 Tabla de asignación del personal de auxiliar slotting por día de la semana

CARGO/DÍA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Auxiliar slotting	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	0	0	1	1
	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	0	0	1	1
	1	1	1	1	1	0	0

Asignación del cargo auxiliar de combos por días de la semana:

Tabla 3.7 Tabla de asignación del personal de auxiliar de combos por día de la semana

CARGO/DÍA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Auxiliar de Combos	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	0	0	1	1
	1	0	0	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	0	0

Asignación del cargo digitador por días de la semana:

Tabla 3.8 Tabla de asignación del personal de digitador por día de la semana

CARGO/DÍA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Digitador	1	1	0	0	1	1	1
	0	0	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	0	0	1	1	1
	0	0	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	1	1	0	0

Asignación del cargo unidades logísticas por días de la semana:

Tabla 3.9 *Tabla de asignación del personal de unidades logísticas por día de la semana*

CARGO/DÍA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Unidades logísticas	1	0	0	1	1	1	1
	0	1	1	1	1	1	0
	1	1	1	1	0	0	1
	1	1	0	0	1	1	1
	0	0	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	1	0	0	1
	1	0	0	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	

Asignación del cargo auxiliar de recepción-estiba por días de la semana:

Tabla 3.10 *Tabla de asignación del personal de auxiliar de recepción-estiba por día de la semana*

CARGO/DÍA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Auxiliar de recepción - estiba	0	0	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	0	0	1	1
	1	0	0	1	1	1	1
	0	1	1	1	1	1	0
	1	1	1	1	0	0	1
	1	1	0	0	1	1	1
	0	0	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	1	1	0	0
1	1	1	1	1	0	0	

Asignación del cargo despachadores pick to light por días de la semana:

Tabla 3.11 *Tabla de asignación del personal de despachadores pick to light por día de la semana*

CARGO/DÍA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Despachadores pick to light	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	0	0	1	1
	1	0	0	1	1	1	1
	0	1	1	1	1	1	0
	1	1	1	1	0	0	1
	1	1	0	0	1	1	1
	0	0	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	0
	1	1	1	1	0	0	1
	1	0	0	1	1	1	1
	0	1	1	1	1	1	0
	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	0	0	1	1	1
	0	0	1	1	1	1	1
	1	1	1	0	0	1	1
	0	0	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	0
	1	1	1	1	0	0	1
	1	0	0	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	0	0	1	1	1
	0	1	1	1	1	1	0
	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	0	0	1	1
	0	0	1	1	1	1	1

Asignación del cargo auxiliar de transporte por días de la semana:

Tabla 3.12 *Tabla de asignación del personal de auxiliar de transporte por día de la semana*

CARGO/DÍA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Auxiliar de transporte	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	0	0	1	1
	1	0	0	1	1	1	1
	0	1	1	1	1	1	0
	1	1	1	1	0	0	1
	1	1	0	0	1	1	1
	0	0	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	1	0	0	1
	1	0	0	1	1	1	1
	0	1	1	1	1	1	0
	1	1	1	1	0	0	1
	1	1	0	0	1	1	1
	0	0	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	1	1	1	0
	1	1	1	1	1	1	0
	0	1	1	1	1	1	0
	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	0	0	1	1	1
	0	1	1	1	1	1	0
	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	0	0	1	1
	0	0	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	0	0	1
	1	0	1	1	1	1	1
	0	1	1	1	1	1	0
	1	1	1	1	1	0	0
1	1	1	0	0	1	1	
0	0	0	1	1	1	1	

Asignación del cargo despachadores en caja por días de la semana:

Tabla 3.13 *Tabla de asignación del personal de despachadores en caja por día de la semana*

CARGO/DÍA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	0	0	1	1
	1	0	0	1	1	1	1
	0	1	1	1	1	1	0
	1	1	1	1	0	0	1
	1	1	0	0	1	1	1
	0	0	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	0	0	1	1
	1	0	0	1	1	1	1
	0	1	1	1	1	1	0
	1	1	1	1	0	0	1
	1	1	0	0	1	1	1
	0	0	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	0	0	1	1
	1	0	0	1	1	1	1
	0	1	1	1	1	1	0
	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	0	0	1	1
	1	1	0	0	1	1	1
	0	0	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	0	0	1	1
	1	0	0	1	1	1	1
	0	1	1	1	1	1	0
	1	1	1	1	0	0	1
	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	0	0	1	1	1
	0	0	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	0	0	1	1
	1	0	0	1	1	1	1
	0	1	1	1	1	1	0
	1	1	1	1	0	0	1
	1	1	0	0	1	1	1
	0	0	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	0	0	1	1
	1	0	0	1	1	1	1
	0	1	1	1	1	1	0
	1	1	1	1	0	0	1

Asignación del cargo autoelevarista-montacarga por días de la semana:

Tabla 3.14 Tabla de asignación del personal de autoelevarista-montacarga por día de la semana

CARGO/DÍA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Autoelevarista- montacarga	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	0	0	1	1
	1	0	0	1	1	1	1
	0	1	1	1	1	1	0
	1	1	1	1	0	0	1
	1	1	0	0	1	1	1
	0	0	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	0	0	1	1
	1	0	0	1	1	1	1
	0	1	1	1	1	1	0
	1	1	1	1	0	0	1
	1	1	0	0	1	1	1
	0	0	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	0
	1	1	1	1	0	0	1
	1	0	0	1	1	1	1
	0	1	1	1	1	1	0
	1	1	1	0	0	1	1
	0	0	0	1	1	1	1

Asignación del cargo auxiliares de mantenimiento por días de la semana:

Tabla 3.15 Tabla de asignación del personal de auxiliares de mantenimiento por día de la semana

CARGO/DÍA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Auxiliares de mantenimiento	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	0	0	1	1
	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	0	0	1	1

Asignación del cargo asistente de unidades logísticas por días de la semana:

Tabla 3.16 Tabla de asignación del personal de asistente de unidades logísticas por día de la semana

CARGO/DÍA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Asistente unidades logísticas	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	1	1	0	0

Asignación del cargo asistente operativo cross docking por días de la semana:

Tabla 3.17 Tabla de asignación del personal de asistente operativo cross docking por día de la semana

CARGO/DÍA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Asistente operativo cross docking	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	0	0	1	1

Asignación del cargo asistente operativo pick to light por días de la semana:

Tabla 3.18 Tabla de asignación del personal de asistente operativo pick to light por día de la semana

CARGO/DÍA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Asistente operativo pick to light	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	0	0	1	1
	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	0	0	1	1

Asignación del cargo asistente despacho en caja por días de la semana:

Tabla 3.19 Tabla de asignación del personal de asistente despacho en caja por día de la semana

CARGO/DÍA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Asistente despacho en caja	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	0	0	1	1
	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	0	0	1	1

Asignación del cargo auxiliar de recepción por días de la semana:

Tabla 3.20 Tabla de asignación del personal de auxiliar de recepción por día de la semana

CARGO/DÍA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Auxiliar de recepción	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	0	0	1	1
	1	0	0	1	1	1	1
	0	1	1	1	1	1	0
	1	1	1	1	1	0	0

Asignación del cargo jefe operativo por días de la semana:

Tabla 3.21 Tabla de asignación del personal de jefe operativo por día de la semana

CARGO/DÍA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Jefe operativo	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	0	0	1	1
	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	0	0	1	1

Asignación del cargo jefe operativo cross docking por días de la semana:

Tabla 3.22 Tabla de asignación del personal de jefe operativo cross docking por día de la semana

CARGO/DÍA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Jefe operativo cross docking	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	0	0	1	1

Asignación del cargo jefe operativo pick to light por días de la semana:

Tabla 3.23 Tabla de asignación del personal de jefe operativo pick to light por día de la semana

CARGO/DÍA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Jefe operativo pick to light	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	0	0	1	1
	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	0	0	1	1

Asignación del cargo jefe operativo despachos en caja por días de la semana:

Tabla 3.24 Tabla de asignación del personal de jefe operativo despacho en caja por día de la semana

CARGO/DÍA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Jefe operativo despacho en caja	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	0	0	1	1
	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	0	0	1	1

Se observa, desde la **tabla 3.1 hasta la 3.23**, la asignación de operadores por cada día de la semana y sus dos días libres consecutivos. Dicha asignación tiene los números 0 y 1 que corresponden a los días en los que se trabaja y los que no correspondientemente.

Las filas corresponden a los operadores asignados que buscan satisfacer una demanda que se distribuyen como se muestran en las figuras.

Además, se pone en evidencia que cargos tienen sus turnos en ambas franjas, que son aquellos que tienen ambos colores. Un claro ejemplo de esto es la **tabla 3.4**. En su defecto, los cargos que tienen solamente un turno en el cual se muestra un único color para todos.

Con estas previas asignaciones se obtuvo la matriz de demanda, que refleja cuantos operadores se necesitan por día, para obtener una buena productividad. La matriz de demanda corresponde al número total de operadores a ser requeridos por cargo, cumpliendo con las restricciones de días de descanso.

Tabla 3.25 Matriz de demanda por cargo

CARGO/DÍA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Computo	2	1	1	1	1	2	2
	1	2	2	1	1	1	1
Despacho courier	3	2	2	2	2	2	2
	2	2	2	1	1	1	1
Monitoreo	2	2	2	2	3	2	2
	2	2	2	2	3	2	2
Despachadores cross docking	3	2	2	2	2	2	2
Auxiliar slotting	3	3	3	2	2	1	1
	3	3	3	2	2	1	1
Auxiliar de Combos	4	3	3	3	3	2	2
Digitador	3	3	3	3	4	2	2
	3	3	3	3	4	2	2
Unidades logísticas	3	3	3	4	4	4	4
	3	3	3	3	3	3	2
Auxiliar de recepción - estiba	8	8	9	9	9	6	6
Despachadores pick to light	10	10	10	10	10	10	10
	10	10	10	10	10	10	10
Auxiliar de transporte	12	12	12	12	12	10	10
	7	8	8	8	8	8	8
Despachadores en caja	21	21	21	21	21	20	20
	14	14	14	14	13	13	13
Autoelevartista- montacarga	10	10	10	10	10	10	10
	6	6	6	6	6	5	5
Auxiliares de mantenimiento	2	2	2	1	1	1	1
	2	2	2	1	1	1	1
Asistente unidades logísticas	1	1	1	1	1	0	0
	1	1	1	1	1	0	0
Asistente operativo cross docking	2	2	2	1	1	1	1
Asistente operativo pick to light	2	2	2	1	1	1	1
	2	2	2	1	1	1	1
Asistente despacho en caja	2	2	2	1	1	1	1
	2	2	2	1	1	1	1
Auxiliar de recepción	4	4	4	4	4	3	2
Jefe operativo	2	2	2	1	1	1	1
	2	2	2	1	1	1	1
Jefe operativo cross docking	2	2	2	1	1	1	1
Jefe operativo pick to light	2	2	2	1	1	1	1
	2	2	2	1	1	1	1
Jefe operativo despacho en caja	2	2	2	1	1	1	1
	2	2	2	1	1	1	1

3.3. Comparativa entre la nómina actual y la propuesta

Tabla 3.26 Tabla comparativa de la nómina actual y la propuesta

CARGOS	PROPUESTA		ACTUAL	
	Turno 1	Turno 2	Turno 1	Turno 2
Jefe operativo	2	2	2	2
Autoelevarista- Montacarga	14	8	15	8
Despacho Courier	3	2	3	2
Monitoreo	3	3	3	3
Digitador	4	4	4	4
Auxiliares de mantenimiento	2	2	2	2
Jefe operativo Cross docking	2	0	2	0
Asistente operativo Cross docking	2	0	2	0
Despachadores Cross docking	3	0	3	0
Jefe operativo Pick to light	2	2	2	2
Asistente operativo Pick to light	2	2	2	2
Despachadores Pick to light	14	14	14	14
Jefe operativo Despacho en caja	2	2	2	2
Asistente Despacho en caja	2	2	2	2
Despachadores en caja	29	19	29	19
Auxiliar Slotting	3	3	3	3
Computo	2	2	2	2
Auxiliar de Combos	4	0	3	0
Auxiliar de Recepción	5	0	4	0
Auxiliar de Recepción - estiba	11	0	9	0
Asistente Unidades logísticas	1	1	1	1
Unidades logísticas	5	4	5	4
Auxiliar de transporte	16	11	16	11

La **Tabla 3.25** detalla la nómina actual y propuesta de los distintos cargos por turnos. La nómina actual describe la oferta del centro de distribución, es decir, el total de personal que tiene contratada la empresa. Actualmente, el centro de consumo masivo cuenta con 213 operadores de distintos cargos, distribuidos a lo largo de la planta de productos secos. Esto se debe a que la nómina proporcionada por el centro de distribución no satisface la demanda.

No satisface a la demanda debido a que, se requerían más o menos operadores para la misma, es decir, en este caso de estudio, se observó que se requerían más operadores para poder satisfacer con la demanda propuesta en el centro de distribución que vendría a ser la

tabla 2.1 y 2.2, por lo que el algoritmo, basándose en la demanda dada por el centro de distribución.

Se pudo notar que, en la nómina propuesta, el valor aumenta a 3 operadores, por lo que se tendría un total de 216 operadores en la nómina actual. Siendo estos operadores los siguientes:

Tabla 3.27 *Tabla de cambios entre la nómina actual y la propuesta*

CARGOS	PROPUESTA		ACTUAL	
	Turno 1	Turno 2	Turno 1	Turno 2
Autoelevartista- Montacarga	14	8	15	8
Auxiliar de Combos	4	0	3	0
Auxiliar de Recepción	5	0	4	0
Auxiliar de Recepción - estiba	11	0	9	0

La **Tabla 3.26** mostró las variaciones del número de operadores entre la nómina actual y propuesta por turno, donde existe un aumento en el cargo: auxiliar de combos, auxiliar de recepción, auxiliar de recepción-estiba, los primeros dos tuvieron un incremento de un operador cada uno, mientras que, el tercero tuvo un incremento de dos operadores.

Asimismo, el cargo autoelevartista-montacarga disminuyó un operador.

3.4. Comparativa de distintos escenarios en base a la productividad del operador

Tabla 3.28. Tabla comparativa del aumento y disminución de la productividad

Cargo	Productividad Base	Productividad 10%	Productividad -3%
Computo	50	55	48.5
Despacho courier	300	330	291
Monitoreo	50	55	48.5
Despachadores cross docking	139	152.9	134.83
Auxiliar slotting	20	22	19.4
Auxiliar de Combos	139	152.9	134.83
Digitador	60	66	58.2
Unidades logísticas	215	236.5	208.55
Auxiliar de recepción - estiba	30	33	29.1
Despachadores pick to light	28	30.8	27.16
Auxiliar de transporte	40	44	38.8
Despachadores en caja	248	272.8	240.56
Autoelevartista- montacarga	35	38.5	33.95
Auxiliares de mantenimiento	55	60.5	53.35
Asistente unidades logísticas	20	22	19.4
Asistente operativo cross docking	358	393.8	347.26
Asistente operativo pick to light	652	717.2	632.44
Asistente despacho en caja	150	165	145.5
Auxiliar de recepción	30	33	29.1
Jefe operativo	20	22	19.4
Jefe operativo cross docking	30	33	29.1
Jefe operativo pick to light	30	33	29.1
Jefe operativo despacho en caja	30	33	29.1

La **tabla 3.28** indica la productividad base, la productividad aumentada al 10% y la productividad disminuida al 3% por cada cargo. Una vez que se ingresan los datos al algoritmo este genera soluciones para cada escenario. Como se observa en la **tabla 3.29**, que indica un total de operadores una vez ya calculado el aumento del 10% y la disminución del 3%.

Tabla 3.29. Tabla comparativa de la productividad de la propuesta actual con los escenarios

CARGOS	PROPUESTA		ESCENARIO 1		ESCENARIO 2	
	Turno 1	Turno 2	Turno 1	Turno 2	Turno 1	Turno 2
Jefe operativo	2	2	2	2	4	4
Autoelevadorista- Montacarga	14	8	14	8	16	10
Despacho Courier	3	2	3	2	5	4
Monitoreo	3	3	3	3	5	5
Digitador	4	4	4	4	6	6
Auxiliares de mantenimiento	2	2	2	2	4	4
Jefe operativo Cross docking	2	0	2	0	4	0
Asistente operativo Cross docking	2	0	2	0	4	0
Despachadores Cross docking	3	0	3	0	5	0
Jefe operativo Pick to light	2	2	2	2	4	4
Asistente operativo Pick to light	2	2	2	2	4	4
Despachadores Pick to light	14	14	14	14	16	16
Jefe operativo Despacho en caja	2	2	2	2	4	4
Asistente Despacho en caja	2	2	2	2	4	4
Despachadores en caja	29	19	28	18	31	21
Auxiliar Slotting	3	3	3	3	5	5
Computo	2	2	2	2	4	4
Auxiliar de Combos	4	0	4	0	6	0
Auxiliar de Recepción	5	0	5	0	7	0
Auxiliar de Recepción - estiba	11	0	11	0	13	0
Asistente Unidades logisticas	1	1	1	1	2	2
Unidades logísticas	5	4	5	4	7	6
Auxiliar de transporte	16	11	15	11	18	13
TOTAL DE OPERADORES	216		213		294	

Al hacer una comparación con la productividad base, que son 216 operadores, se evidencia una disminución mínima con el 10%, resultando 213 operadores. Esto quiere decir, que al aumentar la productividad a un 10%, la eficiencia de los operadores será mayor y acabarán las tareas en menos tiempo y con menos recursos. Sin embargo, al disminuir la productividad al 3% en cada cargo, se genera un resultado de 294 operadores. Esto se debe a que, al disminuir la productividad por cargo, el algoritmo se ve obligado a incrementar el número de operadores y a su vez cumplir con la demanda y las restricciones del modelo.

3.5. ANÁLISIS DE COSTOS

Según lo analizado en este proyecto, para hacer un correcto análisis de costos, se necesitará el parámetro del salario de personal que, en base a eso, se utilizó para determinar los costos totales.

En la *Tabla 3.28 Descripción de los costos*, se pueden observar a detalle cada uno de los costos considerados para la resolución del proyecto integrador, cabe destacar que el análisis de costos es una forma de ver que tan beneficioso es para la empresa, es decir, si la inversión vale la pena o no, dependiendo del punto de vista de esta.

Para esto, se toman en cuenta puntos importantes que se consideraron al momento de obtener los costos, estos son:

1. Pago por horario nocturno:
 - La jornada nocturna, es decir aquella que se realiza entre las 19H00 y las 06H00 del día siguiente, puede tener la misma duración y da derecho a igual remuneración que la diurna, con un incremento del veinticinco por ciento (25%).
2. Se toman los 216 operadores obtenidos como solución factible.

Tomando en cuenta estos puntos se obtiene los costos variables que vendrían a ser el costo total por cargo de un mes, estos valores se los puede observar en la *Tabla 3.1 Descripción de costos*.

Tabla 3.28 Tabla de descripción de costos de la propuesta actual

PAGO MENSUAL POR CARGO	TURNO 1	TURNO 2	INCREMENTO NOCTURNO	TOTAL TURNO 2 POR MES
Jefe operativo	\$ 3,667.84	\$ 3,667.84	\$ 573.28	\$ 4,241.12
Autoelevarista- Montacarga	\$ 13,601.28	\$ 7,772.16	\$ 1,214.79	\$ 8,986.95
Despacho Courier	\$ 1,995.84	\$ 1,330.56	\$ 207.97	\$ 1,538.53
Monitoreo	\$ 1,995.84	\$ 1,995.84	\$ 311.95	\$ 2,307.79
Digitador	\$ 2,661.12	\$ 2,661.12	\$ 415.93	\$ 3,077.05
Auxiliares de mantenimiento	\$ 1,971.20	\$ 1,971.20	\$ 308.10	\$ 2,279.30
Jefe operativo Cross docking	\$ 3,667.84	\$ -	\$ -	\$ -
Asistente operativo Cross docking	\$ 2,516.80	\$ -	\$ -	\$ -
Despachadores Cross docking	\$ 1,995.84	\$ -	\$ -	\$ -
Jefe operativo Pick to light	\$ 3,667.84	\$ 3,667.84	\$ 573.28	\$ 4,241.12
Asistente operativo Pick to light	\$ 2,516.80	\$ 2,516.80	\$ 393.38	\$ 2,910.18
Despachadores Pick to light	\$ 9,313.92	\$ 9,313.92	\$ 1,455.77	\$ 10,769.69
Jefe operativo Despacho en caja	\$ 3,667.84	\$ 3,667.84	\$ 573.28	\$ 4,241.12
Asistente Despacho en caja	\$ 2,516.80	\$ 2,516.80	\$ 393.38	\$ 2,910.18
Despachadores en caja	\$ 19,293.12	\$ 12,640.32	\$ 1,975.68	\$ 14,616.00
Auxiliar Slotting	\$ 1,995.84	\$ 1,995.84	\$ 311.95	\$ 2,307.79
Computo	\$ 1,330.56	\$ 1,330.56	\$ 207.97	\$ 1,538.53
Auxiliar de Combos	\$ 2,661.12	\$ -	\$ -	\$ -
Auxiliar de Recepción	\$ 6,292.00	\$ -	\$ -	\$ -
Auxiliar de Recepción - estiba	\$ 7,318.08	\$ -	\$ -	\$ -
Asistente Unidades logisticas	\$ 1,258.40	\$ 1,258.40	\$ 196.69	\$ 1,455.09
Unidades logísticas	\$ 3,326.40	\$ 2,661.12	\$ 415.93	\$ 3,077.05
Auxiliar de transporte	\$ 10,644.48	\$ 7,318.08	\$ 1,143.82	\$ 8,461.90
TOTAL	\$ 109,876.80			\$ 78,959.38
COSTO TOTAL POR CARGO				\$ 188,836.18

Se tiene un costo por cargo total en el turno 1 por \$109,876.80 y el costo total en el turno 2 que viene a hacer el horario nocturno es de \$78,959.38 mensual, sumando estos valores el resultado es de \$188,836.18.

Los costos por cargo del centro de distribución fueron obtenidos mediante la **Tabla 2.3**

Costos por hora del personal, en donde se detalla el valor de horas hombre (\$/hh), también se detallan los días aproximados de trabajo para el operador, en este caso trabaja 5 días y descansa 2 consecutivos, por lo que el operador tiene 22 días laborables por 8 horas diarias, a su vez en la franja horaria número 2, se toma en cuenta el pago por horario nocturno que vendría a ser el 25% del salario laboral, a aquellas personas que trabajan desde las 19H00 a

06H00, en este caso en la franja horaria 2 se trabaja de 15H00 a 00H00, por lo el porcentaje del pago por horario nocturno se va a reducir, para esto se utilizó una regla de tres, con esto se pudo sacar el porcentaje correspondiente al total de horas trabajadas, que este caso sería 4 horas de trabajo nocturno para cada cargo que labore en la franja horaria 2, dicho porcentaje fue del 15.68% que corresponderá al valor extra que se le suma al salario del operador.

3.6. Comparativa de costos

Una vez analizado el costo total de la nueva asignación de operadores, se muestra a continuación una comparativa de costos en base a la productividad analizada posteriormente. En esta sección se analizó opciones de aumento y disminución de productividad junto con la productividad actual. Como se muestra en la **Figura 3.29**.

PAGO MENSUAL POR CARGO	ESCENARIO BASE				ESCENARIO 1 PRODUCTIVIDAD 10%				ESCENARIO 2 PRODUCTIVIDAD -3%			
	TURNO 1	TURNO 2	INCREMENTO NOCTURNO	TOTAL TURNO 2 POR MES	TURNO 1	TURNO 2	INCREMENTO NOCTURNO	TOTAL TURNO 2 POR MES	TURNO 1	TURNO 2	INCREMENTO NOCTURNO	TOTAL TURNO 2 POR MES
Jefe operativo	\$ 3,667.84	\$ 3,667.84	\$ 573.28	\$ 4,241.12	\$ 1,330.56	\$ 1,330.56	\$ 207.97	\$ 1,538.53	\$ 7,335.68	\$ 7,335.68	\$ 1,146.57	\$ 8,482.25
Autoelevartista- Montacarga	\$ 13,601.28	\$ 7,772.16	\$ 1,214.79	\$ 8,986.95	\$ 1,995.84	\$ 1,330.56	\$ 207.97	\$ 1,538.53	\$ 15,544.32	\$ 9,715.20	\$ 1,518.49	\$ 11,233.69
Despacho Courier	\$ 1,995.84	\$ 1,330.56	\$ 207.97	\$ 1,538.53	\$ 1,995.84	\$ 1,995.84	\$ 311.95	\$ 2,307.79	\$ 3,326.40	\$ 2,661.12	\$ 415.93	\$ 3,077.05
Monitoreo	\$ 1,995.84	\$ 1,995.84	\$ 311.95	\$ 2,307.79	\$ 1,995.84	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3,326.40	\$ 3,326.40	\$ 519.92	\$ 3,846.32
Digitador	\$ 2,661.12	\$ 2,661.12	\$ 415.93	\$ 3,077.05	\$ 1,995.84	\$ 1,995.84	\$ 311.95	\$ 2,307.79	\$ 3,991.68	\$ 3,991.68	\$ 623.90	\$ 4,615.58
Auxiliares de mantenimiento	\$ 1,971.20	\$ 1,971.20	\$ 308.10	\$ 2,279.30	\$ 1,995.84	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3,942.40	\$ 3,942.40	\$ 616.20	\$ 4,558.60
Jefe operativo Cross docking	\$ 3,667.84	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2,661.12	\$ 2,661.12	\$ 415.93	\$ 3,077.05	\$ 7,335.68	\$ -	\$ -	\$ -
Asistente operativo Cross docking	\$ 2,516.80	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3,326.40	\$ 2,661.12	\$ 415.93	\$ 3,077.05	\$ 5,033.60	\$ -	\$ -	\$ -
Despachadores Cross docking	\$ 1,995.84	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 5,987.52	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3,326.40	\$ -	\$ -	\$ -
Jefe operativo Pick to light	\$ 3,667.84	\$ 3,667.84	\$ 573.28	\$ 4,241.12	\$ 9,313.92	\$ 9,313.92	\$ 1,455.77	\$ 10,769.69	\$ 7,335.68	\$ 7,335.68	\$ 1,146.57	\$ 8,482.25
Asistente operativo Pick to light	\$ 2,516.80	\$ 2,516.80	\$ 393.38	\$ 2,910.18	\$ 10,644.48	\$ 7,318.08	\$ 1,143.82	\$ 8,461.90	\$ 5,033.60	\$ 5,033.60	\$ 786.75	\$ 5,820.35
Despachadores Pick to light	\$ 9,313.92	\$ 9,313.92	\$ 1,455.77	\$ 10,769.69	\$ 19,293.12	\$ 12,640.32	\$ 1,975.68	\$ 14,616.00	\$ 10,644.48	\$ 10,644.48	\$ 1,663.73	\$ 12,308.21
Jefe operativo Despacho en caja	\$ 3,667.84	\$ 3,667.84	\$ 573.28	\$ 4,241.12	\$ 14,572.80	\$ 7,772.16	\$ 1,214.79	\$ 8,986.95	\$ 7,335.68	\$ 7,335.68	\$ 1,146.57	\$ 8,482.25
Asistente Despacho en caja	\$ 2,516.80	\$ 2,516.80	\$ 393.38	\$ 2,910.18	\$ 1,971.20	\$ 1,971.20	\$ 308.10	\$ 2,279.30	\$ 5,033.60	\$ 5,033.60	\$ 786.75	\$ 5,820.35
Despachadores en caja	\$ 19,293.12	\$ 12,640.32	\$ 1,975.68	\$ 14,616.00	\$ 1,258.40	\$ 1,258.40	\$ 196.69	\$ 1,455.09	\$ 20,623.68	\$ 13,970.88	\$ 2,183.65	\$ 16,154.53
Auxiliar Slotting	\$ 1,995.84	\$ 1,995.84	\$ 311.95	\$ 2,307.79	\$ 2,516.80	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3,326.40	\$ 3,326.40	\$ 519.92	\$ 3,846.32
Computo	\$ 1,330.56	\$ 1,330.56	\$ 207.97	\$ 1,538.53	\$ 2,516.80	\$ 2,516.80	\$ 393.38	\$ 2,910.18	\$ 2,661.12	\$ 2,661.12	\$ 415.93	\$ 3,077.05
Auxiliar de Combos	\$ 2,661.12	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2,516.80	\$ 2,516.80	\$ 393.38	\$ 2,910.18	\$ 3,991.68	\$ -	\$ -	\$ -
Auxiliar de Recepción	\$ 6,292.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 5,033.60	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 8,808.80	\$ -	\$ -	\$ -
Auxiliar de Recepción - estiba	\$ 7,318.08	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3,667.84	\$ 3,667.84	\$ 573.28	\$ 4,241.12	\$ 8,648.64	\$ -	\$ -	\$ -
Asistente Unidades logísticas	\$ 1,258.40	\$ 1,258.40	\$ 196.69	\$ 1,455.09	\$ 3,667.84	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2,516.80	\$ 2,516.80	\$ 393.38	\$ 2,910.18
Unidades logísticas	\$ 3,326.40	\$ 2,661.12	\$ 415.93	\$ 3,077.05	\$ 3,667.84	\$ 3,667.84	\$ 573.28	\$ 4,241.12	\$ 4,656.96	\$ 3,991.68	\$ 623.90	\$ 4,615.58
Auxiliar de transporte	\$ 10,644.48	\$ 7,318.08	\$ 1,143.82	\$ 8,461.90	\$ 3,667.84	\$ 3,667.84	\$ 573.28	\$ 4,241.12	\$ 11,975.04	\$ 8,648.64	\$ 1,351.78	\$ 10,000.42
TOTAL	\$ 109,876.80			\$ 78,959.38	\$ 107,594.08			\$ 78,959.38	\$ 155,754.72			\$ 117,330.96
COSTO TOTAL POR CARGO				\$ 188,836.18				\$ 186,553.46				\$ 273,085.68

Figura 3.29 Tabla comparativa de costos en base a la productividad

Se realizó un análisis de costos a los escenarios propuestos en base a la productividad, y se observa que en el escenario 1 con respecto al escenario base hay una diferencia significativa de \$2,282.72, mejorando notablemente los costos; a su vez, si se compara el

escenario 2 con el escenario base la diferencia entre los valores es de \$84,249.50, esto es debido a la disminución de la productividad a un 3%, por lo que se requerirán más operadores para que se pueda suplir con la demanda dada, en cambio, con un aumento de productividad del 10% se necesitará menos mano de obra y por lo tanto los costos se reducirán.

CAPITULO 4

4.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1.1. CONCLUSIONES

- Una vez aplicado el procedimiento lógico factible, se evidenció que la solución llegó a un resultado con la demanda dada por el centro de distribución. Por lo que se concluye que en la comparativa del escenario propuesto y el actual el número adecuado y que mejor se acomoda a las necesidades de la empresa es un total de 216 operadores asignados por cargo de la mejor manera según las tablas propuestas.
- Se concluye que el algoritmo se asemeja a la realidad de la empresa debido a esta busca estrictamente una asignación en base a una demanda propuesta y no una respuesta óptima en su totalidad. Por lo que se trabaja plenamente con el algoritmo greedy de asignación, con el que la empresa prioriza la productividad y busca el mejor posicionamiento del personal por cargo.
- El algoritmo heurístico que se utilizó para la obtención de una solución de asignación factible siempre toma en cuenta un equilibrio entre los recursos computacionales disponibles, las necesidades de los clientes y la calidad de las soluciones, evaluando los escenarios de aumento y disminución de la productividad y sus diferentes variaciones en el número total de operadores a asignar.

4.1.2. RECOMENDACIONES

1. Recolectar la mayor cantidad de información, que aporte al proyecto integrador datos verídicos, que se puedan implementar en el algoritmo, para llegar a lo óptimo, evidenciado que, mientras más información se recolecte y se implemente en el algoritmo, mayor será el tiempo de ejecución, por lo que se esperaría, definir y delimitar un criterio de parada.
2. Implementar y evaluar algoritmos de búsqueda local, que permitan llegar a una solución óptima del problema, para su posterior comparativa con distintos escenarios de diferentes indicadores y explicar de manera más efectiva las disimilitudes existentes entre el modelo actual y una futura propuesta.
3. Se sugiere seguir mejorando el algoritmo, para que, en el espacio amplio de las iteraciones existentes, se puedan probar nuevas formas de asignaciones del personal para tratar de buscar un mínimo óptimo si ese fuera el caso.
4. Se sugiere a la empresa destinar recursos a las mediciones de unidades de productividad por cargo que desempeña cada operador.

BIBLIOGRAFÍA

- Bajadur, R. (2019). *Assignment Problem*. India: University of Lucknow.
- Barber, J. (2017). *UNIT FOUR: Transportation and Assignment problems*.
- da Silva Rocha, M. (2013). *The staff scheduling problem: a general model and applications*. Porto: Universidade do Porto.
- Ganga Contreras, F., & Villacís Moyano, H. (2018). Factores individuales y grupales que influyen en la productividad de los trabajadores de las grandes y medianas empresas de Guayaquil. *Revista Perspectivas*, 26.
- Granada-Echeverri, M., & Santa, J. J. (2018). *Optimización combinatoria - de la teoría a la práctica*. Colombia: Universidad Libre, Colombia.
- Hillier, F., & Lieberman, G. (2010). *Introducción a la investigación de operaciones*. California : The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Microsoft. (15 de Noviembre de 2022). *Microsoft Office*. Obtenido de Microsoft Office: <https://support.microsoft.com/es-es/office/tareas-b%C3%A1sicas-en-excel-dc775dd1-fa52-430f-9c3c-d998d1735fca>
- Salazar López, B. (6 de Junio de 2019). *Programación lineal*. Obtenido de Ingeniería Industrial Online: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/investigacion-de-operaciones/programacion-lineal/>
- Salazar, R. (22 de Noviembre de 2019). *Operations Research with R- Assignment Problem*. Obtenido de Operations Research with R- Assignment Problem: <https://towardsdatascience.com/operations-research-in-r-assignment-problem-4a1f92a09ab>
- Sanei, O., Nasiri, V., Marjani, M., & Moattar Huesseini, S. (2011). A heuristic algorithm for the warehouse space assignment problem considering operational constrains: with application in a case study. *Proceedings of the 2011 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 7.
- Trabajo, M. d. (20 de Noviembre de 2022). *Lexis*. Obtenido de Lexis: www.lexis.com.ec
- UDIMA. (28 de Octubre de 2022). *ADE Y ECONOMIA*. Obtenido de BLOGSUDIMA: <https://blogs.udima.es/administracion-y-direccion-de-empresas/libros/introduccion-a-la-organizacion-de-empresas-2/unidad-didactica-5-el-sistema-de-produccion-de-la-empresa/3-modelos-y-tecnicas-basicas-de-planificacion-de-la-produccion/>
- Walls Mestanza, F. (2020). *Modelado y optimización de los horarios de un centro universitario con Programación Matemática*. Sevilla: idUS.

- Cano, J. A., Correa-Espinal, A. A., & Gómez-Montoya, R. A. (2018). Solución del Problema de Conformación de Lotes en Almacenes utilizando Algoritmos Genéticos. *Información Tecnológica*, 29(6), 235–244. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000600235>
- Centeno Romero, M., & Velazquez, R. (2016). A METAHEURISTIC ALGORITHM OF SIMULATED ANNEALING FOR THE 3AP- AXIAL. 28, 566–573.
- Fu, B., Huo, Y., & Zhao, H. (2022). Streaming algorithms for multitasking scheduling with shared processing. *Discrete Applied Mathematics*, 320, 346–355. <https://doi.org/10.1016/j.dam.2022.06.019>
- Gonzalez-Vidosa, F., Yepes, V., Alcal, J., Carrera, M., Perea, C., & Pay-Zafortez, I. (2008). Optimization of Reinforced Concrete Structures by Simulated Annealing. In *Simulated Annealing*. <https://doi.org/10.5772/5573>
- Öncan, T. (2007). A Survey of the Generalized Assignment Problem and Its Applications. *INFOR: Information Systems and Operational Research*, 45(3), 123–141. <https://doi.org/10.3138/infor.45.3.123>
- Schrijver, A. (2005). *On the History of Combinatorial Optimization (Till 1960)* (pp. 1–68). [https://doi.org/10.1016/S0927-0507\(05\)12001-5](https://doi.org/10.1016/S0927-0507(05)12001-5)
- Shuib, A., & Kamarudin, F. I. (2019). Solving shift scheduling problem with days-off preference for power station workers using binary integer goal programming model. *Annals of Operations Research*, 272(1–2), 355–372. <https://doi.org/10.1007/s10479-018-2848-5>
- Soares, M., Da, F., & Rocha, S. (2013). *The staff scheduling problem: a general model and applications*.
- Vazquez Espí, M. (1994). Recocido Simulado: un nuevo algoritmo para la optimización de estructuras. *Departamento de Estructuras de Edificación Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid*.

ANEXOS

- **PSEUDOCÓDIGO DEL ALGORITMO**

```
cargos, nomina, total_nomina = cargar_cargos_nomina(archivo_productividad);
turnos = [1,2];
productividad_promedio = cargar_productividad(archivo_productividad);
demanda = cargar_demanda(archivo_demanda);

Para iteracion = 0 hasta 7 hacer
  asignaciones = matriz de ceros de tamaño_total_nómina+100 x 7 # se inicializan mas filas en cero por si fuesen necesarios más operadores que los actuales en nómina;
  nueva_nomina = matriz de ceros de tamaño_total_nómina x 2;
  total_nueva_nomina = 0;

  Para i = 0 hasta longitud de cargos
    productividad_promedio_cargo = productividad_promedio[i];

    Para j = 0 hasta número de turnos
      dem_turn = demanda[i][j];
      dem_ord_pos,dem_ord = ordenar de mayor a menor el arreglo y posiciones en paralelo;
      dem_ord_pos_ciclico, demanda_restante = ordenar de forma ciclica la demanda y posiciones;

      idx = iteracion;

      Mientras hay demanda restante Hacer
        contador_dias = 5;
        contador_iteraciones = 7;

        Mientras contador_dias > 0 Hacer
          Si idx > 6 Hacer
            idx = 0
            Continuar
          Fin Si
          Si contador_iteraciones <= 0 Hacer
            siguiente_cero_pos = asignaciones[0][total_nuevanomina].elemento_en_indice(0);
            asignaciones[0][total_nuevanomina][siguiente_cero_pos] = 1;
            pos_orig_cero = dem_ord_pos_ciclico.elemento_en_indice(siguiente_cero_pos) # encontrar a qué día de la demanda corresponde donde estoy asignando;
            demanda_restante[pos_orig_cero] = demanda_restante[pos_orig_cero] - productividad_promedio_cargo;
            contador_dias = contador_dias - 1;
            idx = pos_orig_cero;
            Continuar
          Fin Si

          Si demanda_restante[idx] > 0
            asignaciones[0][total_nuevanomina][dem_ord_pos_ciclico[idx]] = 1;
            demanda_restante[idx] = demanda_restante[idx] - productividad_promedio_cargo;
            contador_dias = contador_dias - 1;
          Fin Si

          idx = idx + 1
          contador_iteraciones = contador_iteraciones - 1;
          total_nuevanomina = total_nuevanomina + 1;
          nueva_nomina[0][i][j] = nueva_nomina[0][i][j] + 1;
        Fin Mientras
      Fin Para
    Fin Para
  Fin Para

  guardar asignaciones en un archivo con su nomina total y el número de iteración
Fin Para
```

- **CÓDIGO DEL ALGORITMO EN EL LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN PYTHON**

```
import numpy as np
import random as rd
```

```
def ordenar_ciclico_paralelo(lista_posiciones, lista_elementos):
    for i in range(len(lista_posiciones)-1):
        if (lista_posiciones[i] == 6):
            i=i+1
            while(i< len(lista_posiciones)-1 and
lista_posiciones[i+1]<lista_posiciones[i]):
                menor = lista_posiciones[i+1]
                menor_elementos = lista_elementos[i+1]
                mayor = lista_posiciones[i]
                mayor_elementos = lista_elementos[i]
                lista_posiciones[i+1] = mayor
```

```

        lista_elementos[i+1] = mayor_elementos
        lista_posiciones[i] = menor
        lista_elementos[i] = menor_elementos
        i=i+1
    return lista_posiciones, lista_elementos
if (lista_posiciones[i+1]<lista_posiciones[i]):
    menor = lista_posiciones[i]
    j = i + 1
    while (j < len(lista_posiciones)):
        if (lista_posiciones[j]>menor):
            lista_posiciones.insert(i+1, lista_posiciones[j])
            lista_elementos.insert(i+1, lista_elementos[j])
            lista_posiciones.pop(j+1)
            lista_elementos.pop(j+1)
            break
        j = j + 1
return lista_posiciones, lista_elementos

def cargar_demanda(ruta_archivo, arreglo):
    archivo = open(ruta_archivo, "r")
    for linea in archivo.readlines():
        demandas = linea.strip().split(",")
        turno1 = []
        turno2 = []
        for i in range(0,7):
            turno1.append(int(demandas[i]))
        for i in range(7,14):
            turno2.append(int(demandas[i]))
        arreglo.append([turno1,turno2])
    return arreglo

def cargar_cargos_nomina(ruta_archivo, cargos, nominas):
    archivo = open(ruta_archivo, "r")
    total_nomina = 0
    for linea in archivo.readlines():
        elementos = linea.strip().split(",")
        cargo = elementos[0]
        nomina_turno1 = int(elementos[1])
        nomina_turno2 = int(elementos[2])
        cargos.append(cargo)
        nominas.append([nomina_turno1, nomina_turno2])
        total_nomina = total_nomina + nomina_turno1 + nomina_turno2
    return cargos, nominas, total_nomina

def cargar_productividad(ruta_archivo):
    archivo = open(ruta_archivo, "r")
    productividades = []
    for linea in archivo:
        productividad = float(linea.strip())
        productividades.append(productividad)
    return productividades

def hay_demanda_restante(demanda):
    for e in demanda:
        if e > 0:
            return True
    return False

```

```

def encontrar_solucion(cargos, nomina, total_nomina, turnos,
productividad, demanda, inicio_asignacion):
    asignaciones = [np.zeros([total_nomina+50,7],dtype=int)]
    nueva_nomina = [np.zeros([len(nomina),2],dtype=int)]

    total_nuevanomina = 0
    for i in range(len(cargos)):
        productividad_promedio_cargo = productividad[i]
        for j in range(turnos):
            dem_turn = demanda[i][j]
            dem_ord_pos,dem_ord = zip(*sorted([(i,e) for i,e in
enumerate(dem_turn)],key=lambda x:x[1],reverse=True))
            dem_ord_pos_ciclico, \
            demanda_restante =
ordenar_ciclico_paralelo(list(dem_ord_pos),list(dem_ord))
            idx = inicio_asignacion
            #idx = 0
            while (hay_demanda_restante(demanda_restante)):
                contador_dias = 5
                contador_iteraciones = 7
                while(contador_dias > 0):
                    if (idx > 6):
                        idx = 0
                        continue
                    if (contador_iteraciones <= 0):
                        siguiente_cero_pos =
asignaciones[0][total_nuevanomina].tolist().index(0)

asignaciones[0][total_nuevanomina][siguiente_cero_pos] = 1
                        pos_orig_cero =
dem_ord_pos_ciclico.index(siguiente_cero_pos) # encontrar a qué día de la
demanda corresponde donde estoy asignando
                        demanda_restante[pos_orig_cero] =
demanda_restante[pos_orig_cero] - productividad_promedio_cargo
                        contador_dias = contador_dias - 1
                        idx = pos_orig_cero
                        continue
                    if (demanda_restante[idx] > 0):

asignaciones[0][total_nuevanomina][dem_ord_pos_ciclico[idx]] = 1
                        demanda_restante[idx] = demanda_restante[idx] -
productividad_promedio_cargo
                        contador_dias = contador_dias - 1
                        idx = idx + 1
                        contador_iteraciones -= 1
                        total_nuevanomina = total_nuevanomina + 1
                        nueva_nomina[0][i][j] = nueva_nomina[0][i][j] + 1
                return asignaciones, nueva_nomina, total_nuevanomina

cargos, nomina, total_nomina = cargar_cargos_nomina("./nomina.csv",[],[])
turnos = 2
productividad_promedio = cargar_productividad("productividad_base.csv")
demanda = cargar_demanda("./demanda_productividad.csv", [])
asignaciones, nueva_nomina, total_nuevanomina =
encontrar_solucion(cargos,nomina,total_nomina,turnos,productividad_promed
io,demanda,0)

print("El total de trabajadores requeridos es de: " +
str(total_nuevanomina))

```

```

print("La nueva nómina por cargo es:")
for i in range(len(cargos)):
    print(cargos[i], ": ")
    for j in range(turnos):
        print("\tTurno", j+1, ": ", nueva_nomina[0][i][j], end=" ")
        diferencia_nomina = nueva_nomina[0][i][j]-nomina[i][j]
        if ( diferencia_nomina!= 0):
            print('{0:{1}}'.format(diferencia_nomina, '+' if
diferencia_nomina < 0 else ''))
        else:
            print()
print()
np.savetxt('resultados/resultado_factible_'+str(total_nuevanomina)+".csv"
,asignaciones[0][0:total_nuevanomina],fmt='%1.0f',delimiter=',')

```