

# Algoritmo de pronósticos de demanda, mejora de procesos con Scheduling y cálculos de Dotación de personal.



**Nombre:** Agustín Federico Guerrero Pinto

**Universidad:** Universidad Adolfo Ibáñez

**Carrera:** Ingeniería Civil Industrial

**Empresa y Área:** Cencosud, Eficiencia y Clientes

**Supervisor:** Reinaldo Aguirre San Francisco

**Docente:** Fernando Vásquez Acuna

**Fecha:** 22-10-2023

## Tabla de contenido

<b>Resumen</b>	<b>4</b>
<b>Abstract</b>	<b>5</b>
<b>Introducción</b>	<b>6</b>
Contexto	6
Descripción del problema	7
<b>Objetivo del proyecto</b>	<b>8</b>
Objetivo general	8
Objetivos específicos y medidas de desempeño	8
<b>Estado del Arte</b>	<b>9</b>
<b>Solución</b>	<b>10</b>
Alternativas de solución	10
Elección de soluciones	11
<b>Metodología y Planificación</b>	<b>12</b>
Metodología general	12
Metodología por objetivo	13
Planificación	14
<b>Análisis de riesgo y mitigaciones</b>	<b>15</b>
<b>Desarrollo</b>	<b>16</b>
<b>Requisitos</b>	<b>16</b>
Pronóstico	16
Scheduling y Dotación	17
<b>Diseño</b>	<b>17</b>
Pronóstico	17
Scheduling y Dotación	18
<b>Implementación</b>	<b>18</b>
Pronóstico	18
Scheduling y Dotación	22
<b>Verificación</b>	<b>26</b>
<b>Mantenimiento</b>	<b>26</b>
<b>Resultados</b>	<b>26</b>
General	26
Métricas de desempeño	27
<b>Evaluación económica</b>	<b>28</b>
<b>Conclusiones</b>	<b>30</b>

<b>Referencias</b>	<b>33</b>
<b>Anexos</b>	<b>34</b>
1. Tabla Ventas y Mermas	34
2. Contexto explicado de forma específica	34
3. Diagramas de Ishikawa	36
4. Nivel de cobertura y horas extra en La Reina.	36
5. Justificación de elección de las soluciones y criterios de asignación de puntaje.	37
6. Explicación de metodología de Cascada.	38
7. Mitigaciones robustas de riesgos más problemáticos.	38
8. Flujos generales por problemática	38
9. Productos fabricados en Pastas, Carta Gantt de cafetería y Script de Scheduling en Python.	40
10. Marco teórico de soluciones.	44
11. Flujos de caja.	45
12. Carta Gantt de la planificación del proyecto, incluye todas las etapas y tareas	47
13. Código VBA de macro utilizada en Pronóstico_pastas.xlsm	48

## Resumen

Cencosud es una de las empresas de Retail más grande a nivel latinoamericano, contando con presencia en Chile, Perú, Brasil, Argentina y Colombia. El año 2022 tuvo ventas de alrededor de 16.000 millones de dólares y cuenta con más de 150.000 colaboradores en toda Latinoamérica. Jumbo es una de sus cadenas más potentes, y cuenta con 62 sucursales a lo largo de todo Chile. Este se divide en secciones que ofrecen distintos tipos de productos y servicios para los clientes que frecuentan la empresa. Dentro de ellas están la sección de Pastas y Cafetería, que en promedio generan una venta anual de más de 4.000 millones de pesos en todas las sucursales. Ambas secciones presentan problemas que afectan a los costos y a la atención al cliente. Para este proyecto se identificaron dos, la primera es que **no hay una evaluación confiable de la producción**, esto genera que se mermen alrededor de 20 millones de pesos mensualmente. La segunda es que **el orden los procesos de atención no son los correctos, son mejorables y no hay dotación suficiente para cubrir la producción la falta de eficiencia** en los procesos genera que los tiempos de atención y producción sean elevados, además de no cumplir con los trasposos entre locales y generar muchas horas extra. Las soluciones escogidas para resolver dichas problemáticas fueron la creación de un algoritmo de pronósticos de demanda para disminuir la merma e identificar cuellos de botella, solucionarlos, y calcular una dotación mínima para que realicen las labores de la sección de manera correcta. El objetivo general se definió como una mejora del 5% en los tiempos de atención y producción, en conjunto con una disminución del 15% de las mermas de la sección de Pastas. Para el plan de implementación del proyecto, se utiliza la metodología de Cascada, debido a que no existen requisitos cambiantes dentro del proyecto, y las soluciones ya están inventadas, no requiere un proceso de innovación, más bien es uno de adaptación a la empresa. Los resultados del proyecto fueron positivos, pero no los esperados, teniendo un 9,83% de disminución de mermas y una baja del 2% y 16% en los tiempos de atención y una baja del 1% en los tiempos de producción. Finalmente se concluyó que el proyecto fue exitoso, más no se obtuvo los resultados esperados. Los factores que afectaron fueron la poca disponibilidad de recursos, elección no acertada de una de las medidas de desempeño y el tiempo de medición. Se recomienda a la empresa seguir mejorando las soluciones, e ir adaptando los softwares a distintas secciones, con el fin de mejorar procesos, tiempos y reducir las mermas por vencimiento que se generan al producir más de la cuenta.

## Abstract

Cencosud is one of the largest retail companies in Latin America, with presence in Chile, Peru, Brazil, Argentina, and Colombia. In 2022 it had sales of around 16 billion dollars and has over 150,000 employees throughout Latin America. Jumbo is one of its most powerful chains and has 62 stores throughout Chile. It is divided into sections that offer different types of products and services for customers who frequent the company. Among them are the Pasta and Cafeteria section, which on average generate an annual sale of more than 4 billion pesos in all stores. Both sections present problems that affect costs and customer service. For this project, two were identified, the first is that there is no reliable evaluation of production, which causes around 20 million pesos to be lost each month. The second is that the order of the care processes is not correct, they can be improved and there is not enough staff to cover production. This lack of efficiency in the processes means that service and production times are high, in addition to not meeting transfers between locations and generating many overtime hours. The solutions chosen to solve these problems were the creation of a demand forecast algorithm to reduce shrinkage, and identify bottlenecks, solve them, and calculate a minimum staffing to carry out the section's tasks correctly. The general objective was defined as a 5% improvement in service and production times, together with a 15% decrease in Pasta section shrinkage. For the project implementation plan, the waterfall methodology is used, because there are no changing requirements within the project, and the solutions are already invented, it does not require an innovation process, but rather one of adaptation to the company. The results of the project were good, but not as expected, with a 9.83% decrease in shrinkage and a 2% and 16% drop-in service times and a 1% decrease in production times. Finally, it was concluded that the results were good, but not as expected, and the factors that affected them were the low availability of resources, incorrect choice of one of the performance measures and the measurement time. It is recommended that the company continue to improve the solutions, and adapt the software to different sections, to improve processes, times and reduce the shrinkage from expiration that is generated when producing more than necessary.

## Introducción

### Contexto

La empresa Cencosud fue fundada en 1978 por el empresario Horst Paulmann y este queda en el cargo de director ejecutivo y presidente del directorio. Cencosud tiene presencia en 5 países de Latinoamérica, Chile, Argentina, Brasil, Perú y Colombia. Esta se ha posicionado como una de las tres empresas más grandes del rubro del Retail. Registró en el año 2022 una venta anual de US\$ 16.358 millones, con un EBITDA ajustado del 13,1% según reportes de la empresa. Además, esta cuenta con más de 150 mil empleados distribuidos en los cinco países en los que esta empresa ofrece sus servicios. Si bien Cencosud en un inicio partió con supermercados Jumbo, a lo largo de su historia fue adquiriendo y creando más empresas subsidiarias como Paris, Easy, Santa Isabel y el nuevo Spid, que son empresas de Retail no necesariamente relacionadas con el área de hipermercados, si no que están enfocados en un Retail con productos menos perecibles, de construcción, moda, tecnología, entre otros. También, Cencosud trabaja con más de 150 proveedores, entre ellos se pueden encontrar Agrosuper, Breden Máster, IFCO a Brambles Company, Agro Orgánicos, entre otros.

Supermercados Jumbo es una de las cadenas que le da identidad a la empresa Cencosud, es la cadena con la que esta empresa empezó a ofrecer productos y servicios en Chile. Si bien en un inicio estos supermercados no eran lo que son hoy en día, siempre han tenido una gran diferencia con sus competidores, y esta es la calidad de sus productos y servicios. Jumbo tiene a su disposición, distintas secciones productivas, que se encargan de satisfacer las necesidades de los clientes ofreciendo productos o servicios, dependiendo de la naturaleza misma de la sección. Dentro de estas fábricas productivas se puede encontrar: Panadería, Fiambrería, Platos preparados, Pescadería, Pastelería, Carnicería, Cafetería, Pastas y Rincón Jumbo. Depende de cada local, puede tener o no todas las secciones, o solo algunas, pero todos los supermercados Jumbo cuentan con al menos la mayoría de estas.

El proyecto inicialmente consiste en visitar estas secciones productivas, con el fin de revisar el funcionamiento de estas, y establecer un levantamiento de los procesos que ocurren para poder cumplir con la entrega del producto o servicio final que recibe el cliente. En base a este acercamiento inicial, se realizaron mediciones de los distintos procesos que se efectúan en la sección productiva visitada. Así se puede obtener las horas totales dedicadas a cada proceso y poder analizar que labores tiene que hacer el personal y su tiempo de realización.

Cabe resaltar que, debido a la duración del proceso de pasantía, no es posible hacer un análisis exhaustivo de todas las secciones, sin embargo, para efectos del proyecto, se hará énfasis en dos secciones principalmente, estas son: Cafetería y Pastas. En incisos posteriores se especificará la relevancia de estas secciones, para el desarrollo mismo del proyecto ingenieril.

### Descripción del problema

Una vez visto el contexto, se explicarán las problemáticas que fueron encontradas al momento de investigar los dolores de la empresa. Principalmente hay dos focos a los que afectan directamente los dolores a presentar.

En la sección de Pastas, hay un porcentaje de productos mermados, este corresponde al 6% mensual, aproximadamente en un año móvil (09/2022 hasta 08/2023). Si bien puede parecer bajo, se pierden 20 millones de pesos al mes en promedio. En anexos 1 se aprecia la tabla de mermas y ventas por producto, donde se aprecia que los productos menos vendidos (bajo 80.000 pesos por local) son los más mermados. Estos dos síntomas están asociados a una problemática, esta es que no hay una evaluación confiable de la producción, debido a esto se genera la pérdida antes mencionada (sin contar costos de transporte y desecho de esa merma). En anexos 3 se encuentra un diagrama de Ishikawa.

Por otro lado, en las visitas a la sección de Cafetería, se identificó que cuando hay fila el tiempo de atención al cliente aumenta de 147 a 214 segundos promedio (ver anexos 2 para gráficos), esto se comprobó con mediciones de los tiempos de armado de pedido. También, se estima del equipo de atención al cliente, que el 18%<sup>1</sup> de los clientes que pasan por fuera de la cafetería de Bilbao, se va por que hay exceso de fila (el restante hace la cola). Además, en un análisis básico del proceso de atención al cliente, se encontró que cuando hay fila, los tiempos entre clientes son crecientes (aumenta en 80 segundos por cliente<sup>2</sup>). Esto quiere decir que mientras más clientes llegan, mayor es la espera para que le entreguen el pedido desde que entró a la fila (ver figura 10). Respecto a la sección de Pastas, existe un dolor evidente respecto a la dotación de personal (igual que en Cafetería). Esto genera atrasos en la producción, evidenciado por el nivel de cobertura y horas extra por local (ver anexos 4). Estos síntomas son reflejados porque el orden los procesos de atención no son los correctos, son mejorables y no hay dotación suficiente para cubrir la producción (ver anexos 3).

---

<sup>1</sup> Cencosud, 2023. Equipo de atención al cliente, gerencia de Eficiencia y Clientes Cencosud.

<sup>2</sup> Para más información, revisar apartado de desarrollo, ahí se explica a mayor detalle dicha información.

Presentados los antecedentes, se genera la siguiente oportunidad: “Reducir el desperdicio de alimentos y mejorar la experiencia del cliente optimizando la planificación de la atención y agilizando el procesamiento de pedidos en la sección de Cafetería”. El valor agregado al mitigar las problemáticas que se plantearon sería la reducción de los costos por mermas (revisar objetivo SMART para ver cuanta reducción) para ocupar dicho ahorro en inversión para la sección y mejorar la experiencia del cliente y del personal, haciendo más rápida la atención y disminuir la brecha del 18% aumentando las ventas por cantidad de clientes.

## Objetivo del proyecto

### Objetivo general

Para definir el objetivo general, se utilizó la metodología SMART, y teniendo en cuenta las problemáticas que se mencionaron en el inciso anterior. El objetivo es el siguiente: “Disminuir los tiempos de atención y producción en un 5%, junto con una disminución del 15% en la cantidad de mermas, en un plazo de 2 a 3 meses”.

### Objetivos específicos y medidas de desempeño

Los objetivos específicos tratan de abarcar las problemáticas descritas de manera focalizada, y deben ser medidos, para esto están las medidas de desempeño, las cuales se mostrarán a continuación junto a sus objetivos específicos.

- Tiempo de procesamiento de armado de pedidos.

$$\frac{\text{Tiempo de procesamiento antes} - \text{tiempo de procesamiento después}}{\text{Tiempo de procesamiento antes}} \quad (1)$$

Para esta medida de desempeño el valor actual es de 214 segundos con fila, y 147 segundos sin fila, como se definió en instancias anteriores. El valor esperado, según dicta el objetivo específico, sería de 203 segundos para los tiempos con fila y 140 segundos para los tiempos sin fila.

- Cumplimiento de demanda laboral.

$$\frac{\text{Cantidad de horas cumplidas antes} - \text{Cantidad de horas cumplidas después}}{\text{Cantidad de horas cumplidas antes}} \quad (2)$$

En esta medida de desempeño la distribución actual es de un 56% de cumplimiento de la demanda laboral por hora (ver tabla 3). Para que se puedan mejorar los tiempos de atención, es necesario que la mayoría de estas horas tengan a la cantidad de trabajadores necesarios, por lo que el valor esperado se establece en un 90%, debido a que debería funcionar al mínimo cumpliendo con la demanda de fuerza laboral al 100%.

- Cantidad de mermas promedio.

$$\frac{\text{Mermas promedio antes} - \text{Mermas promedio después}}{\text{Mermas promedio antes}} \quad (3)$$



Esta medida de desempeño tiene como valor actual 1.614 unidades promedio al mes en todos los supermercados Jumbo, solo en la sección de pastas (panadería por el momento no se ha visto en detalle). El valor esperado, si seguimos el objetivo general es de 1.372 unidades (disminución del 15%).

- Tiempo de procesamiento de productos.

$$\frac{\text{Tiempo de procesamiento antes} - \text{tiempo de procesamiento después}}{\text{Tiempo de procesamiento antes}} \quad (4)$$

Aproximadamente el valor actual de la medida de desempeño es de 8,4 horas, y el valor esperado acorde al objetivo SMART (disminución de 5% de los tiempos de producción) es de aproximadamente 8 horas.

## Estado del Arte

En primera instancia, se realizó una búsqueda en Google, con el fin de obtener ideas generales de posibles soluciones. La búsqueda fue cada vez más específica a medida que se recaudó información y se obtuvo los siguientes resultados que serán presentados en este inciso.

Si bien, por concepto, se debe asumir que los pronósticos probablemente sean erróneos [1], es una muy buena herramienta para poder determinar la producción en una fábrica, sobre todo si la solución actual es solo producir en base a mermas.

Para esta problemática de la merma, es bastante claro que los pronósticos de demanda pueden ser una buena opción para poder disminuir el desecho por defecto de las secciones productivas. Hay muchas formas de pronosticar la demanda de un producto o servicio, sin embargo, para la naturaleza del problema, lo más acertado en términos de producción, es el alisado exponencial triple. Este contempla elementos de la serie, la tendencia de la demanda y la estacionariedad, que hace referencia a los periodos, como los ciclos económicos, por ejemplo. En 2021 en la Universidad Autónoma de Madrid, en la facultad de Ingeniería de Telecomunicaciones y Servicios de Telecomunicación, Eduardo Carbonero Pinto hizo una tesis de grado, en la que pronosticaba el tráfico de internet mediante el uso del suavizado exponencial tripe [2]. Se sabe que el tráfico en internet es mucho más sensible o cambiante, que la demanda de productos, debido a la naturaleza esporádica y expedita del uso de internet hoy en día. El código detectaba cuando se producían ataques a la dirección que se estaba analizando y fue todo un logro para el creador. Otro caso de éxito es la empresa Bimbo, con gran cobertura en países de Latinoamérica. Esta empresa ocupa un software llamado *Forecast PRO*, este algoritmo utiliza métodos objetivos de pronósticos de demanda, dentro de los cuales está el suavizado exponencial triple (como en el caso anterior [2]),

métricas de error como MSE y MAPE, entre otros. Bimbo Colombia reporta una mejora en el proceso de planeación de la demanda una vez implementado el software [3]. El último caso de éxito sobre los pronósticos de demanda es la empresa The Very Group, que utiliza los servidores de Amazon Forecast con modelos de *Machine Learning*. Esta lidera el mercado minorista digital integrado y proveedor financiero del Reino Unido con ventas anuales de alrededor de los 2 mil millones de libras [4]. Testifican un incremento en la administración de SKU de un 9,9% que les generó un valor del orden de los 100 millones de libras.

Respecto a la determinación de dotación de personal óptima, es difícil encontrar un ejemplo en donde se asemeje mucho a la situación actual de la empresa. Sin embargo, hay un modelo de optimización que utiliza la herramienta de gestión de operaciones Scheduling, para determinar la distribución de tiempos de trabajo (horarios) durante el día [5]. Pero, el cumplimiento de la demanda no necesariamente mejora los tiempos de atención, debe estar acompañado de una mejora en los procesos que ocurren dentro de la cafetería. *MRP easy* es una empresa que se dedica a realizar planeación de la producción, con el fin de mejorar los procesos de sus clientes. KS2 es una empresa desarrolladora de baterías y complementarios para automóviles en Canadá, la empresa gestionaba sus producciones mediante hojas de cálculo que, debido al rápido crecimiento que tuvieron en 2016, tuvieron que buscar otras alternativas y descubrieron el software MRP easy que planifica la producción [6], en palabras de la misma empresa: *“Ahora podemos crear una nueva lista de materiales, estar listos para introducir las órdenes de fabricación y enviar las facturas asociadas al nuevo producto en el mismo día”* [6].

## Solución

### Alternativas de solución

Las alternativas de solución fueron seleccionadas con dos criterios cualitativos, el primero es el tiempo de implementación, la opción de solución no debe ser extensa en su aplicación, debe poder implementarse en como máximo dos meses. Y el segundo criterio es el nivel de aplicación ingenieril de la propuesta, porque a que este es un proyecto que tiene como fin determinar las habilidades del gestor.

De acuerdo con estos criterios y a lo expuesto en el inciso anterior, las posibles soluciones se desprenden directamente de teoría y casos de éxito ya vistos. Teniendo en cuenta las realidades de la empresa, del proyecto y el tiempo, se seleccionaron los recursos que más se adapten a los criterios expuestos. Estas posibles soluciones, se encuentran en la siguiente tabla.

Problemática	Solución	Nº
1	Algoritmo de pronósticos de demanda utilizando métodos objetivos de pronósticos.	1
	Algoritmo de pronósticos de demanda utilizando modelos de Machine Learning.	2
2	Contratar software externo de gestión de personal y horarios.	3
	Crean planilla Excel para organizar personal y horarios.	4
	Algoritmo que calcule la demanda laboral por hora y modelos de Scheduling para gestión de personal y producción.	5

Tabla 1: Alternativas de solución y problemática abarcada.<sup>3</sup>

Se decidió separar las problemáticas con el fin de abarcar dos soluciones que profundicen en los cuatro objetivos específicos propuestos, para el correcto desarrollo del proyecto.

### Elección de soluciones

En la selección de las soluciones, se definieron criterios de evaluación para analizar cada solución propuesta. Cada criterio contiene una ponderación asignada por el gestor, considerando lo más relevante para la empresa y la situación actual debido al tiempo de realización del proyecto. También cabe resaltar que los puntajes serán asignados en una escala del 1 al 5, siendo 1 un desempeño muy bajo en el criterio a analizar y 5 un desempeño alto en la evaluación del criterio en particular. Una vez aclarado el sistema de elección de las soluciones, se presentan los siguientes criterios a evaluar.

Los criterios de evaluación se encuentran en detalle en anexos 5. Se presenta a continuación la evaluación de las posibles soluciones del proyecto en una matriz que contiene el valor de las ponderaciones asignadas a cada criterio.

Solución	Tiempo de aplicación	Costo de implementación	Impacto al negocio	Alineación con prob.	Alineación con neg.	Puntaje final
<b>Ponderación</b>	20%	20%	20%	25%	15%	100%
<b>Solución 1</b>	5	3	4	4	4	4.0
<b>Solución 2</b>	2	3	5	4	4	3.6
<b>Solución 3</b>	4	2	4	4	4	3.6
<b>Solución 4</b>	4	4	3	2	4	3.3

<sup>3</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto.

Solución 5	4	4	3	4	4	3.8
------------	---	---	---	---	---	-----

Tabla 2: Criterios y Ponderaciones para las posibles soluciones.<sup>4</sup>

La justificación detallada de la elección de las soluciones se encuentra en anexos 5.

## Metodología y Planificación

### Metodología general

Una vez expuestas las propuestas de solución que se implementarán en este proyecto, se hace énfasis en la utilización de la metodología de Cascada para el desarrollo de las soluciones. Esta metodología consta de 5 etapas consecutivas, que se deben realizar en orden, como se muestra en el siguiente diagrama. La explicación de las etapas de la metodología está en anexos 6.

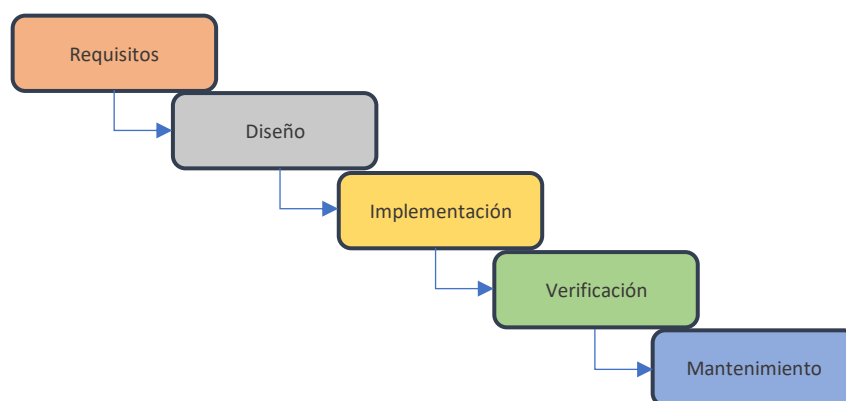


Figura 1: Etapas de la metodología de cascada.<sup>5</sup>

Para el caso de este proyecto, se considera que la metodología de Cascada es la mejor opción por sobre otras metodologías como Scrum o Kanban, debido a que los requisitos del problema están definidos claramente. En cuanto a la solución 1 (ver inciso de elección de soluciones) este debe minimizar el error en los periodos existentes, entregar intervalos de confianza para que el encargado de sección tome la última decisión, debe considerar la existencia de ofertas en los productos, entre otros requisitos bien definidos (se explicará a mayor detalle en el apartado de desarrollo). Por otro lado, respecto a la solución 5, es un modelo de optimización, que tiene restricciones claras, debe entregar una programación horaria que minimice los costos, debe entregar el personal óptimo necesario para cada sección, entre otros. Debido a esto, el proyecto, que es un proyecto de tamaño pequeño, no necesita de actualizaciones constantes de los requisitos, solo debe adaptarse en un inicio a un ambiente productivo que lleva funcionando años de la misma forma.

<sup>4</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto.

<sup>5</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto.

## Metodología por objetivo

En instancias anteriores, se definieron los objetivos específicos del proyecto y sus respectivas medidas de desempeño, para seguir un orden y tener mayor control sobre variables exógenas que puedan afectar el correcto desarrollo del proyecto. Se detalla a continuación la metodología por cada objetivo específico, teniendo en cuenta las necesidades y requerimientos de cada uno respecto a la solución de las problemáticas.

### **1. Disminución de tiempos promedio de atención.**

1. Entender y levantar procesos relacionados con los tiempos de atención y realizar mediciones de dichas tareas.
2. Análisis de datos medidos y cálculo de la distribución de tiempos en fila y de atención, con cálculo de tiempos promedio.
3. Programación e implementación de Scheduling para encontrar cuello de botella y solucionarlo.
4. Capacitación del personal para que puedan utilizar de manera correcta la herramienta y que a su vez capaciten a su personal.
5. Realizar la medición de tiempos de atención, para evaluar KPI.

### **2. Cumplimiento de demanda laboral.**

1. Entender y levantar procesos relacionados con los tiempos de atención y realizar mediciones de dichas tareas.
2. Análisis de datos medidos y calcular productividad de los locales, obteniendo la demanda de personal por hora.
3. Programación e implementación del algoritmo que obtiene la demanda laboral por hora para conseguir distribución de personal por hora.
4. Programar la producción mediante distintos casos (Scheduling y procesos)
5. Implementar la modificación necesaria al flujo.
6. Capacitación del personal con recomendación en el orden de los procesos.

### **3. Cantidad de merma promedio.**

1. Analizar datos de ventas y mermas de periodos anteriores.
2. Diseño y evaluación de requisitos para el desarrollo de la solución, diseño de diagramas para arquitectura del algoritmo.
3. Desarrollo del algoritmo, en base a requisitos y diseños antes formados y conexión con los encargados de la sección productiva.

4. Capacitación para el entendimiento del algoritmo, encargados de sección deben entender rangos y cambios en las ofertas.

#### 4. Disminución de los tiempos de producción.

1. Levantamiento de procesos en terreno de la producción de la Fábrica de Pastas de Jumbo, y medición de los procesos.
2. Análisis de datos medidos, cálculo de tiempos fijos y variables por producto y tiempos de ocio por sección.
3. Programación e implementación del modelo de optimización de Personnel Scheduling para organizar óptimamente el personal.
4. Capacitación del personal para que puedan utilizar de manera correcta la herramienta y que a su vez capaciten a su personal.

#### 5. Realizar la medición de tiempos de atención, para evaluar KPI.

Los objetivos específicos están relacionados entre sí, coincidiendo en muchos pasos de la metodología.

#### Planificación

Para la planificación se optó por utilizar la carta Gantt, debido a lo gráfica que es y su facilidad para organizar el trabajo (La carta completa se encuentra en anexos). Los principales atrasos se debieron a las entregas, ya que necesita mucho tiempo de trabajo.

A continuación, se presenta la carta Gantt de la implementación de la solución, que está contenida en el diagrama general del proyecto, pero contempla por separado cada una de las etapas de la metodología de cascada.

	Sep.		Octubre				Noviembre			
Paso\Semana	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Requisitos										
Diseño										
Implementación										
Verificación										
Mantenimiento										

Tabla 3: Diagrama de Gantt para metodología y planificación de la implementación de la solución.<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto.

Respecto a la planificación, ambas soluciones serán desarrolladas en simultaneo y se dedicará el mismo tiempo cada día para la implementación de esta. No se registró ningún retraso relevante respecto a la realización del proyecto y para la implementación como tal, se evaluará de acuerdo con los requisitos el diseño de los softwares y se desarrollaran ambas soluciones en paralelo. Con el fin de comenzar a probar las soluciones de manera real y tomando contacto con los jefes de cada sección.

## Análisis de riesgo y mitigaciones

Los riesgos que se identifican en este proyecto tienen incidencia en varios aspectos de este, incluyendo como tales riesgos técnicos, temporales, de mercado y de salud. Estos están representados mediante una matriz de riesgo con probabilidad de ocurrencia del evento y la consecuencia de este.

MATRIZ DE RIESGOS						
		CONSECUENCIA				
		Mínima	Menor	Moderada	Mayor	Máxima
PROBABILIDAD		1	2	4	8	16
Muy Alta	5	5	10	20	40	80
Alta	4	4	8	16	32	64
Media	3	3	6	12	24	48
Baja	2	2	4	8	16	32
Muy Baja	1	1	2	4	8	16

NIVEL DEL RIESGO	COLOR
Riesgo Aceptable	
Riesgo Tolerable	
Riesgo Alto	
Riesgo Extremo	

Figura 2: Matriz de riesgos del proyecto con nivel de riesgo.<sup>7</sup>

Esta figura representa la manera de evaluar cada uno de los eventos del proyecto dependiendo de su probabilidad y su consecuencia para la implementación de las soluciones. Dichos eventos están representados en la siguiente figura.

EVENTO	PROBABILIDAD	CONSECUENCIA	NIVEL DE RIESGO
Retraso en la entrega de información	Baja	Menor	Riesgo Aceptable
Retraso en plan de implementación	Media	Moderada	Riesgo Tolerable
Incompatibilidad de la solución	Muy Baja	Mayor	Riesgo Tolerable
Cambios abruptos en la demanda	Media	Menor	Riesgo Tolerable
Cambios en costos y precios	Media	Moderada	Riesgo Tolerable
Enfermedad del gestor del proyecto	Baja	Menor	Riesgo Aceptable

Figura 3: Eventos y riesgo asociado.<sup>8</sup>

Para los riesgos y sus tipos se definen las siguientes mitigaciones, estas no son de carácter robusto, debido a que para algunos tipos de riesgo como el aceptable, no es necesario ser tan específico.

<sup>7</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto.

<sup>8</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto.

1. **Riesgos Temporales:** Planificación con carta Gantt y planes de contingencia.
  2. **Riesgos Técnicos:** Pruebas de compatibilidad y crear procedimientos de actualización.
  3. **Riesgos de Mercado:** Monitoreo constante de cambios en costos y actualización periódica.
  4. **Riesgos de Salud:** Plan de contingencia en caso de enfermedad y ajuste de la planificación del proyecto e implementación de la solución.
- La explicación de las mitigaciones más importantes para el desarrollo del proyecto está en anexos 7.

## Desarrollo

### Requisitos

Como se mencionó en instancias anteriores, en esta etapa se definen las especificaciones de la solución. Esta no es una etapa muy larga, sin embargo, es fundamental para la compatibilidad del proyecto.

### Pronóstico

Este apartado se centra específicamente en la sección de Pastas de Jumbo, la que en cada supermercado está liderada por un jefe de sección. Este define la cantidad a producir durante un día y que días se produce, entre otras labores de gestión, por lo que la solución debe estar alineada con las necesidades y capacidades de los gestores de la cadena productiva. En la siguiente tabla se establecen los requisitos referentes al pronóstico de demanda.

Requisito	Tipo de requisito
Entregar pronóstico por semana	Técnico
Actualización periódica	Temporal
Entendible y con herramientas visuales	Diseño
Que sea accesible	Distribución

*Tabla 4: Requisitos para el desarrollo del pronóstico de demanda.<sup>9</sup>*

Mediante entrevistas con la encargada de sección de Jumbo La Reina, se llegó a obtener estos requisitos. Lo principal es que la información sea entregada de forma clara, periódica y accesible. Más adelante se explica por qué la solución será acotada a solo un local.

<sup>9</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto y coordinación con jefe de Pastas Jumbo La Reina.



### Scheduling y Dotación

Esta solución, a diferencia de la anterior, toma en cuenta tanto la sección de Pastas como la de Cafetería. En entrevistas con ambos encargados y con el supervisor, se llegó a los siguientes requisitos.

Requisito	Tipo de requisito
No debe requerir tanta inversión	Factibilidad/Económico
Precisión en cálculos	Técnico

Tabla 5: Requisitos para el desarrollo de Scheduling y Determinación de dotación.<sup>10</sup>

Principalmente se llegó a estos requisitos teniendo en cuenta el tiempo de implementación del proyecto y las facilidades que entrega la empresa para el desarrollo de este. Lo ideal es que haya una gran precisión en los cálculos efectuados, debido a que está en juego el nivel de servicio que entrega la empresa a sus clientes.

### Diseño

#### Pronóstico

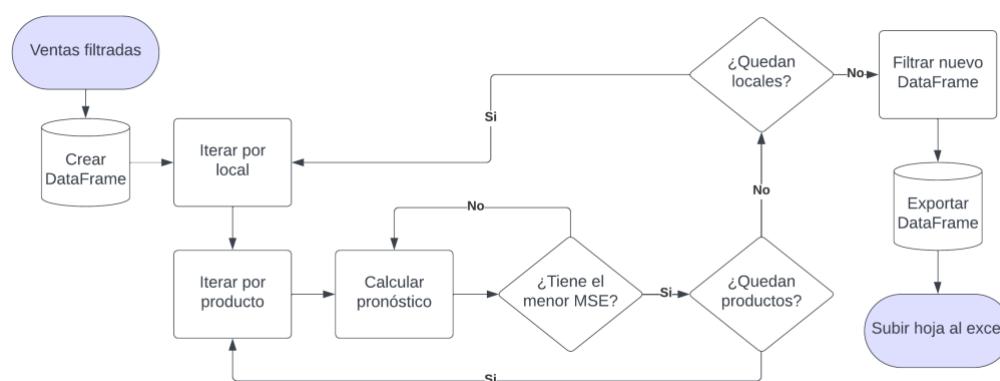


Figura 4: Diagrama de flujo de algoritmo de pronósticos de demanda.<sup>11</sup>

El diagrama reproduce de manera general el funcionamiento del script principal. La sección de Pastas elabora 34 productos, de estos productos, 30 serán los considerados para el análisis, debido a que 4 de esos productos van a ser modificados en cuanto a su producción en el corto plazo (detalle de los productos en el apartado de anexos 10). Una de las desventajas de la solución se evidencia en el diagrama, esta es que contiene tres ciclos principales, por lo que hace que el algoritmo sea

<sup>10</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto y coordinación con jefe de Pastas Jumbo La Reina, encargado de Cafetería Jumbo Bilbao y Supervisor.

<sup>11</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto.

costoso en cuanto a recursos computacionales, sin embargo, Pero, este debe ejecutarse una vez al mes, por lo que no será un problema debido a la periodicidad de la entrega de la información.

### Scheduling y Dotación

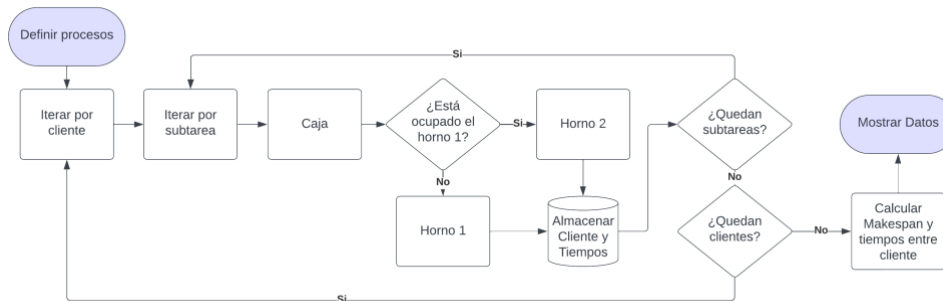


Figura 5: Diagrama de Flujo para Scheduling en cafetería.<sup>12</sup>

En el inciso siguiente se hace más énfasis en porque hay dos hornos, siendo que en la realidad anterior a la implementación del proyecto había un horno en Cafetería Bilbao, pero respecto al diagrama, representa la implementación de Scheduling para el análisis del proceso de atención al cliente, en donde este pasa por la caja y luego es atendido.

### Implementación

#### Pronóstico

Ahora, se explicará que hace el código, en primera instancia, se tienen las librerías y métodos utilizados en el script principal.

```
# -*- coding: utf-8 -*-

import numpy as np
import pandas as pd
import datetime
import warnings
import statsmodels.api as sm

warnings.filterwarnings("ignore")

from statsmodels.tools.sm_exceptions import ConvergenceWarning
from statsmodels.tsa.api import ExponentialSmoothing

from sklearn.metrics import mean_squared_error as MSE
from sklearn.metrics import mean_absolute_error as MAE
from sklearn.metrics import mean_absolute_percentage_error as MAPE

from constantes import RUTA_CARPETA, NOMBRE_EXCEL, TRASPASOS, CANTIDAD_DE_PERIODOS
```

Imagen 1: Librerías usadas en algoritmo de pronósticos.<sup>13</sup>

En general, las librerías más utilizadas tienen que ver con el manejo de datos en Python. Pandas es una librería muy versátil capaz de gestionar DataFrame con un volumen de datos grandes, Numpy es utilizada para algunos cálculos en conjunto con Pandas. Datetime es utilizada para manejar fechas. StatsModels es la librería que hace posible el cálculo del pronóstico de demanda para el input de venta.

<sup>12</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto.

<sup>13</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto.

```
#DEFINIR
#Columnas importantes para excel: Local, Proveedor, SKU, Nombre producto, Fecha, Ventas, Pronostico, Intervalo inf, Intervalo sup, MSE
def rellenar_na(df_relleno, df_a_rellenar):
    # Asignar las semanas faltantes al DataFrame df_a_rellenar
    df_a_rellenar['Centro ID'] = df_relleno['Centro ID'].unique().tolist()[0]
    df_a_rellenar['Item SKU'] = df_relleno['Item SKU'].unique().tolist()[0]
    df_a_rellenar['Item Nombre Producto'] = df_relleno['Item Nombre Producto'].unique().tolist()[0]
    df_a_rellenar['Proveedor'] = df_relleno['Proveedor'].unique().tolist()[0]
    #Antes
    #df_a_rellenar['Año'] = df_relleno['Año'].unique().tolist()[1]
    #Ahora
    df_a_rellenar['Año'] = max(df_relleno['Año'].unique().tolist())
    return df_a_rellenar

def rellenar_semanas_nulas(df_funcion):
    semanas_nulas = df_funcion['Semana_Calendario'].isna()
    ultima_semana_no_nula = df_funcion['Semana_Calendario'].dropna().iloc[-1]

    if semanas_nulas.any():
        semanas_a_rellenar = pd.Series(range(int(ultima_semana_no_nula) + 1, int(ultima_semana_no_nula) + 1 + semanas_nulas.sum()))
        df_funcion.loc[semanas_nulas, 'Semana_Calendario'] = semanas_a_rellenar.values
    return df_funcion

def juntar_proveedor(df_funcion):
    df_traspasos = pd.DataFrame(TRASPASOS)
    df_mezcla = pd.merge(df_funcion, df_traspasos, on='Centro ID', how='left')
    df_mezcla['Proveedor'] = df_mezcla['Proveedor'].fillna(df_mezcla['Centro ID'])
    return df_mezcla

####
# - Mezcla el df que contiene las transacciones entre locales
# - Retorna el df con columna Proveedor
####
```

Imagen 2: Rellenar información faltante.<sup>14</sup>

El código contiene varias funciones y estas permiten que el script se mantenga ordenado y además con los métodos claros. Las funciones de la Imagen 2 sirven para rellenar información faltante del DataFrame final, porque al momento de hacer el pronóstico, solo entrega una columna con los valores correspondientes a la predicción. Por lo que se rellena con las columnas restantes que no entrega el modelo y que son fundamentales para el análisis y entrega de la información.

```
def buscar_mejores_parametros(df_producto):
    seasonal_periods_values = list(range(2, round(len(df_producto['Item Nombre Producto'])/2)))
    print(df_producto['Item Nombre Producto'].unique()[0])
    trend_values = ['add', None]
    seasonal_value = 'add'

    mejores_parametros = {
        'seasonal_periods': None,
        'trend': None,
        'seasonal': None,
        'error_ponderado': float('inf'),
        'MAE': float('inf'),
        'MSE': float('inf'),
        'MAPE': float('inf')
    }

    for seasonal_periods in seasonal_periods_values:
        for trend in trend_values:
            if seasonal_periods >= 2:
                model = ExponentialSmoothing(df_producto['Venta Unidades (UMP)'], seasonal_periods=seasonal_periods,
                                             trend=trend, seasonal=seasonal_value).fit(optimized=True)
                df_producto['Winter'] = model.fittedvalues
                mse = MSE(df_producto['Venta Unidades (UMP)'], df_producto['Winter'])
                mae = MAE(df_producto['Venta Unidades (UMP)'], df_producto['Winter'])
                mape = MAPE(df_producto['Venta Unidades (UMP)'], df_producto['Winter'])
                # Criterio de evaluacion
                criterio = mse
                if criterio < mejores_parametros['error_ponderado']:
                    mejores_parametros['seasonal_periods'] = seasonal_periods
                    mejores_parametros['trend'] = trend
                    mejores_parametros['seasonal'] = seasonal_value
                    mejores_parametros['error_ponderado'] = criterio
                    mejores_parametros['MAE'] = mae
                    mejores_parametros['MSE'] = mse
                    mejores_parametros['MAPE'] = mape

    return mejores_parametros
```

<sup>14</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto.

Imagen 3: Buscar mejores parámetros.<sup>15</sup>

La función de la imagen 3 es fundamental para el desarrollo y automatización del algoritmo. Al contar con 30 productos para analizar, no se puede hacer una evaluación por producto y por local de manera específica, por lo que en la parte estacional del Suavizado exponencial triple (ecuación 9), se considera la que entrega el menor error. El MSE es una medida de error cuadrático que penaliza mucho la diferencia entre el pronóstico y la venta real, esto permite que al momento de iterar, se entreguen los parámetros que mejor se adapten a la realidad.

```
def winter(df_producto):
    param = buscar_mejores_parametros(df_producto)
    #Modelar
    mod_w = ExponentialSmoothing(df_producto['Venta Unidades (UMP)'], seasonal_periods=param['seasonal_periods'], trend=param['trend'], seasonal=param['seasonal']).fit(optimized=True)
    df_producto['Winter'] = mod_w.fittedvalues
    pred_w = mod_w.forecast(CANTIDAD_DE_PERIODOS)
    conf_int = calcular_intervalo(pred_w)
    pred_w = pred_w.to_frame(name='Winter')

    #Juntamos
    merge = pd.concat([pred_w, conf_int], axis=1)

    #Rellenar Na
    merge = rellenar_na(df_producto, merge)

    #Concatenar df con series y los pronosticos
    df_f = pd.concat([df_producto, merge])

    #Rellenar las semanas faltantes
    df_f = rellenar_semanas_nulas(df_f)

    #No hay producción 0, se define como mínima de 4 productos para poner en mueble a la semana
    df_f['Winter'] = df_f['Winter'].clip(lower=4)

    #Agregar errores al df
    df_f['MAE'] = param['MAE']
    df_f['MSE'] = param['MSE']
    df_f['MAPE'] = param['MAPE']

    return df_f

####
# - Aplica modelo de suavizado exponencial triple a la serie y calcula los intervalos de confianza
# - Retorna el dataframe y los pronosticos futuros por separado
####

def iterar_local_producto(df_funcion):
    lista_pronosticos = []
    lista_tabla = []
    for i in df_funcion['Centro ID'].unique():
        df_for_local = df_funcion[df_funcion['Centro ID'] == i]
        for j in df_for_local['Item SKU'].unique():
            df_for_producto = df_for_local[df_for_local['Item SKU'] == j]
            df_for_local = df_for_local.reset_index(drop=True)
            df_for_producto = winter(df_for_producto)
            lista_tabla.append(df_for_producto)
            #CALCULAR POR SEMANA
            #AGREGAR AMBOS A SUS RESPECTIVAS LISTAS
        #RETORNAR
    return pd.concat(lista_tabla)
```

Imagen 4: Aplicar modelo de Winter y función iterar.<sup>16</sup>

De esta imagen se desprenden dos funciones, la primera es la aplicación del algoritmo de Suavizado exponencial triple con los parámetros que minimizan el MSE. La segunda función es la que itera sobre los datos, por local y por producto, finalmente concatenando todo en un DataFrame final.

```
def convertir_semana_iso(anno, semana):
    return datetime.datetime.strptime(f'{int(anno)}-{int(semana)}-1', '%G-%W-%u')

def ajustar_datos(df_funcion):
    df_funcion['Winter'] = df_funcion['Winter'].apply(lambda x: round(x) if not pd.isna(x) else x)
    df_funcion['lower_bound'] = df_funcion['lower_bound'].apply(lambda x: round(x) if not pd.isna(x) else x)
    df_funcion['upper_bound'] = df_funcion['upper_bound'].apply(lambda x: round(x) if not pd.isna(x) else x)
    #df_funcion['Semana_Calendario'] = pd.to_datetime(df_funcion['Año'].astype(str) + df_funcion['Semana_Calendario'].astype(str) + '-1', format='%G-%W-%u')
    df_funcion['Semana_Calendario'] = df_funcion.apply(lambda row: convertir_semana_iso(row['Año'], row['Semana_Calendario']), axis=1)
    df_funcion = df_funcion[['Centro ID', 'Item SKU', 'Item Nombre Producto', 'Semana_Calendario', 'Año', 'Venta Unidades (UMP)', 'Proveedor', 'Winter', 'lower_bound', 'upper_bound', 'MAE', 'MSE', 'MAPE']]
    return df_funcion
```

<sup>15</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto.

<sup>16</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto.

Imagen 5: Editar datos para exportar DataFrame.<sup>17</sup>

Las funciones mostradas en la imagen 5 son netamente para dejar los datos en el orden específico para poder ingresarlos en la planilla Excel que contiene el diseño y presentación final que le llegará al jefe de sección.

```
ruta = RUTA_CARPETA + NOMBRE_EXCEL
df = pd.read_excel(ruta)

#REVISAR DESPUES PORQUE FALLAN
#df = df[df['Item Nombre Producto'] != 'NOQUI TOMATE JUMBO KG']

df = df.sort_values(by=['Año', 'Semana_Calendario'], ascending=[True, True])

#Para sacar la ultima semana de las ventas y la primera, pero tiene que ser de todos los productos, falta arreglar eso
ultima_fila_valor = df['Semana_Calendario'].iloc[-1]
primera_fila_valor = df['Semana_Calendario'].iloc[0]

#Primer año
primer_año = df['Año'].iloc[0]
ultimo_año = df['Año'].iloc[-1]

#Sacar primera semana y ultima, para no ensuciar la data
df = df[(df['Semana_Calendario'] == ultima_fila_valor) & (df['Año'] == ultimo_año)]
df = df[(df['Semana_Calendario'] == primera_fila_valor) & (df['Año'] == primer_año)]

df = df.reset_index(drop=True)

#Sacar año 2022
#df = df[df['Año'] != 2022]

df = juntar_proveedor(df)
df_final = iterar_local_producto(df)

#Sacar datos 2022
df_final = df_final[df_final['Año'] != 2022]

df_final = ajustar_datos(df_final)
#Transformar semanas a formato más entendible...

df_final.to_excel('/Users/agustinguerrero/Documents/Proyectos/Programación/Pasantía_oficial/Pronósticos/Output/Pronósticos_top5_mermas_lareina.xlsx', index=False)

warnings.filterwarnings("default")
```

Imagen 6: Código principal el script de pronóstico.<sup>18</sup>

Del primer script se tiene el código principal (*main*), que son inicializaciones de variables, lectura de archivos y limpieza de datos para que el algoritmo pueda ser lo más preciso posible.

```
1 # -*- coding: utf-8 -*-
2
3 #Ruta a carpeta que contiene los datos de la venta
4 RUTA_CARPETA = '/Users/agustinguerrero/Documents/Proyectos/Programación/Pasantía_oficial/Pronósticos/Data'
5
6 #Ruta que contiene la carpeta con los scripts
7 RUTA_SCRIPTS = '/Users/agustinguerrero/Documents/Proyectos/Programación/Pasantía_oficial/Pronósticos/Scripts'
8
9 #Nombre del archivo de ventas
10 NOMBRE_EXCEL = '/Venta_Retrada_top5.xlsx'
11 NOMBRE_EXCEL_2 = '/Venta_Retrada_top5_dia.xlsx'
12
13 #Para crear df con traspasos
14 TRASPASOS = {'Centro ID': ['J511', 'J988', 'J581', 'J624', 'J992', 'J958', 'J810', 'J762'], 'Proveedor': ['J582', 'J582', 'J512', 'J514', 'J514', 'J514', 'J514', 'J514']}
15
16 #Cantidad de periodos del pronóstico, son 4 semanas, la dashboard esta hecha ara esas semanas (últimas 4)
17 CANTIDAD_DE_PERIODOS = 14
18
```

Imagen 7: Script con constantes(CAMBIAR).<sup>19</sup>

Este script contiene las variables globales utilizadas en el código principal como nombres de rutas y datos que se utilizan en el análisis.

<sup>17</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto.

<sup>18</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto.

<sup>19</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto.

```

1  # -*- coding: utf-8 -*-
2
3  import pandas as pd
4  import xlwings as xw
5
6  ruta_pronostico = '/Users/agustinguerrero/Documents/Proyectos/Programación/Pasantía/Proyecto_algoritmo/dashboard/output_data_pronosticos.xlsx'
7  ruta_modificable = '/Users/agustinguerrero/Documents/Proyectos/Programación/Pasantía/Proyecto_algoritmo/dashboard/Pronósticos_pastas.xlsm'
8
9  # Abrir dataframe
10 df = pd.read_excel(ruta_pronostico)
11
12 # Abrir Excel con xlwings
13 app = xw.App(visible=False) # Puedes cambiar visible a True si quieres ver Excel mientras se ejecuta el script
14
15 # Abrir el libro
16 libro = app.books.open(ruta_modificable)
17
18 # Seleccionar la hoja en la que quieres trabajar
19 hoja = libro.sheets['Data']
20
21 # Borrar todos los datos en la hoja
22 hoja.clear_contents()
23
24 # Escribir el DataFrame en la hoja desde A1 incluyendo los nombres de las columnas
25 hoja.range('A1').value = [df.columns.tolist() + df.values.tolist()]
26
27 # Guardar el libro con las modificaciones
28 libro.save()
29
30 # Cerrar la aplicación Excel
31 app.quit()
32

```

*Imagen 8: Script que agrega el DataFrame al Dashboard.<sup>20</sup>*

Este es el último script de esta solución y su función es insertar los datos dentro de la planilla Excel, cumpliendo el flujo propuesto en figura 16 (anexos 8) en la parte del diseño de la solución. Esta planilla puede verse en el apartado de anexos (2).

El archivo Excel es de extensión “.xlsm”, debido a que usa una macro asignada a un botón para poder inicializar y actualizar las tablas dinámicas. En la imagen de anexos X, se puede ver el código VBA de la macro utilizada.

### Scheduling y Dotación

Cabe resaltar de este apartado que, la explicación más detallada de los cálculos están en anexos 10, debido a la limitación de la extensión de este informe. Lo más importante es que, el objetivo de analizar esta problemática es identificar cuellos de botella y suplir dotación. Aplicando Scheduling se determinó dos casos para evaluar en cafetería, primero la situación actual en la que se encuentra, con una caja, un horno y una persona haciendo café. La persona de la caja es fija y hay más personas atendiendo clientes, en anexos 9 se muestra una carta Gantt que contiene la forma óptima de realizar la atención por persona. En un primer análisis en Excel se obtiene lo siguiente. Es necesario recalcar que se toma en cuenta una bandeja promedio de un producto para calentar y un café por cliente.

<sup>20</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto.

## Caso 2 (1 horno)

Proceso	Tiempo x cliente (segundos por cliente)	Capacidad (cliente por hora)
Caja	80	45
Armar pedido (horno + café)	90	40
Entregar bandeja	30	120

			T entre clientes
Cuello de botella	Armar pedido (horno + café)	40	00:01:30
Capacidad	Armar pedido (horno + café)	40	
Tiempo de flujo	-	00:03:20	
Primeros 60 clientes	-	01:33:20	
Se llena Bilbao en...	-	00:27:20	
Se llena Costanera en...	-	00:45:20	

Figura 6: Análisis de proceso de atención al cliente en Cafetería.<sup>21</sup>

Se desprende claramente que el cuello de botella es el armado de pedido, debido a que se pueden hacer 3 cafés al mismo tiempo, el estancamiento específicamente es el horno, pero este análisis no contempla las limitaciones de personal. Debido a esto, se realizó un código en Python que aplica Scheduling para contemplar las limitaciones de personal. En anexos 9 se muestra y se explica el código. El output fue el siguiente.

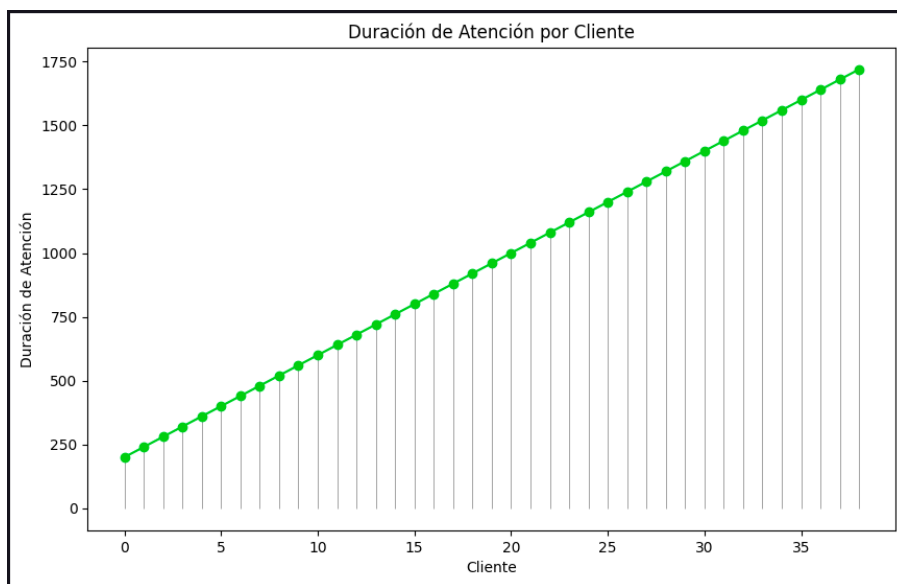


Figura 7: Gráfico de tiempo entre clientes.<sup>22</sup>

<sup>21</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto.

<sup>22</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto.

Se desprende que en el caso actual, el tiempo de espera entre clientes es creciente, con un makespan de 79 minutos para 39 clientes<sup>23</sup>. El segundo caso, es que hubiese dos hornos. Del punto de vista de los procesos estacionarios, se obtiene en un primer análisis.

### Caso 3 (2 hornos)

Proceso	Tiempo x cliente (segundos por cliente)	Capacidad (cliente por hora)
Caja	80	45
Armar pedido 1 (horno + café + bandeja)	120	30
Armar pedido 2 (horno + café + bandeja)	120	30
Armar pedido	-	60

<b>Cuello de botella</b>	<b>Caja</b>	<b>45</b>
<b>Tiempo de flujo</b>	-	<b>00:03:20 T entre clientes</b>
<b>Primeros 60 clientes</b>	-	<b>01:22:00 00:01:20</b>
<b>Se llena Bilbao en...</b>	-	<b>00:23:20</b>
<b>Se llena Costanera en...</b>	-	<b>00:40:40</b>

Figura 8: Análisis de proceso de atención al cliente con dos hornos.

Al ser dos procesos en paralelo, las capacidades del armado de pedido se suman, obteniendo que el nuevo cuello de botella es la caja. Aplicando en Python un algoritmo de Scheduling, se tiene que el tiempo entre clientes es el siguiente.

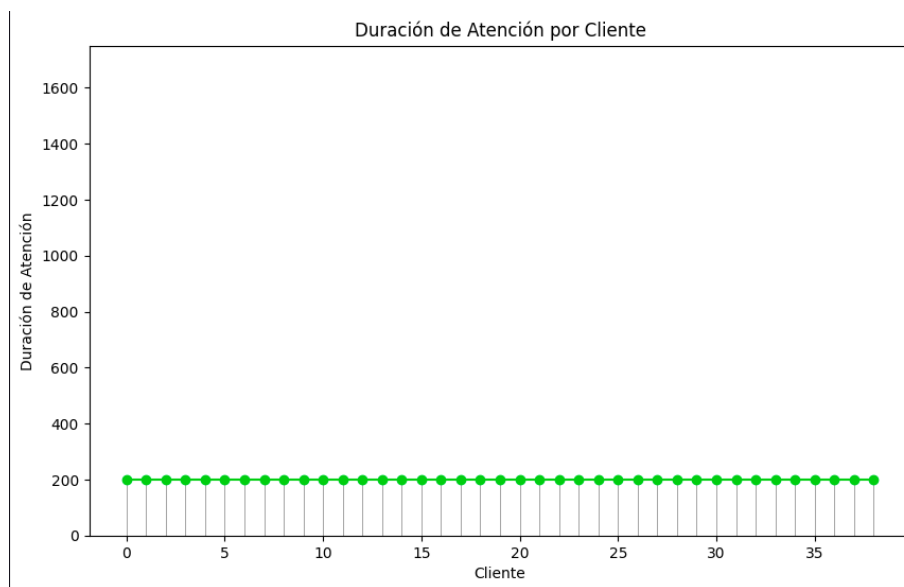


Figura 9: Gráfico de tiempo entre clientes con dos hornos.<sup>24</sup>

<sup>23</sup> Es la cantidad máxima de tickets que se ende en una cafetería en una hora. Ocurre en Jumbo Bilbao a las 11, más detalles en anexos.

<sup>24</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto.



Se aprecia como el tiempo entre clientes pasa a ser uniforme, no es creciente a pesar de la presencia fila, el detalle del código está en anexos 9. Se podrían disminuir los tiempos agregando otra caja, sin embargo pasaría lo mismo que en el caso actual y la capacidad de la cafetería de Bilbao (donde se aplicará la solución) es de 19 mesas, por lo que no tiene sentido disminuir aún más los tiempos de atención, ya que el makespan de este caso es de 54 minutos.

Identificado el cuello de botella y en conversaciones con la empresa, se hizo un traspaso interno de un horno un poco más antiguo que tiene el equipo de mantención de la empresa, ya que las compras de máquinas nuevas requieren una evaluación por parte del gerente zonal de la región metropolitana de Jumbo. Además, tiene muchas solicitudes y por esto, para comprobar la solución se optó por traspasar el horno, a la espera de uno nuevo (resultados en el apartado correspondiente).

Respecto a la dotación de personal, se obtiene mayor detalle del proceso explicado en anexos 10. Con las mediciones realizadas, se obtuvo con los tiempos y distribución la cantidad de FTE mensual para la sección de Pastas correspondiente a mermas, ventas y traspasos entre local (ver anexos 10 para más detalle).

Local	DOTACIÓN ACTUAL	FTE Vendido local	Merma local FTE	Traspasos FTE
J502	12.78	7.92	0.90	2.52
J503	10.33	5.62	1.13	4.50
J504	4.00	3.09	0.14	0.13
J506	3.44	2.89	0.07	0.33
J507	4.00	2.53	0.20	0.36
J508	16.56	5.46	0.45	3.90
J510	5.44	4.34	0.31	3.10
J512	6.89	6.88	0.46	2.51
J514	7.89	5.55	0.55	3.41
J521	3.44	4.43	0.36	0.26
J532	2.44	2.04	0.12	0.17
J534	5.00	3.23	0.13	0.62
J591	2.22	2.14	0.12	0.30
J592	2.00	2.05	0.23	0.13
J614	4.00	3.15	0.26	0.00
J619	1.00	1.67	0.22	0.00
J633	4.00	2.16	0.27	1.06
J660	2.44	2.38	0.32	0.00
J695	3.00	1.51	0.23	0.00
J955	2.44	1.88	0.27	0.25
<b>TOTAL</b>	<b>103.33</b>	<b>70.92</b>	<b>6.74</b>	<b>23.53</b>

Tabla 6: Cálculo de FTE de ventas, mermas y traspasos a otros locales.<sup>25</sup>

Esto se obtiene con las cantidades de cada columna en promedio al mes, en anexos 10 se explica mejor (tabla completa en anexos 10). Para el local de La Reina (J512) que es en el que se va a aplicar

<sup>25</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto.

la solución, tiene una dotación actual de 6,89 FTE y subirá a 4,03 FTE. De esta forma se implementó una reasignación de dos personas de otras secciones a la sección de Pastas, y una contratación de dos Full Time externos, que ya tenían contratados de antes de la implementación, subiendo 4 FTE. Y por último, respecto a Cafetería, se obtuvo la siguiente demanda laboral por hora (ver anexos).

Hora	Distribución fijos	Tiempo fijo horas	Tickets	Tiempo variable horas	Demanda de trabajadores
7	24%	3.18	1	0.09	4
8	8%	1.11	16	1.46	3
9	9%	1.16	24	2.19	4
10	8%	1.06	31	2.83	4
11	8%	1.06	35	3.20	5
12	5%	0.66	32	2.92	4
13	5%	0.71	26	2.38	4
14	6%	0.76	23	2.10	3
15	5%	0.71	22	2.01	3
16	6%	0.76	24	2.19	3
17	5%	0.66	27	2.47	4
18	4%	0.55	26	2.38	3
19	3%	0.40	23	2.10	3
20	5%	0.66	14	1.28	2
21	0%	3.25	1	0.09	4

*Tabla 7: Distribución de tiempos fijos y variables, y dotación necesaria.<sup>26</sup>*

Esto ocurre en la Cafetería del Jumbo Bilbao (J501), en donde sólo se cumple con el 56% de dicha demanda de trabajadores por hora. Se le hizo entrega de esta planilla a la encargada de Cafetería, con el fin de que distribuya su personal de manera que se cumpla lo máximo posible esta distribución.

### Verificación

Durante esta fase de la metodología de cascada, se dejó durante una semana ambas soluciones con supervisión diaria en terreno. La siguiente semana se hicieron mediciones nuevamente de los tiempos de atención y producción, en conjunto con un análisis de mermas y verificación de horarios. Más detalles en el apartado correspondiente a resultados.

### Mantenición

Respecto a la parte de mantención, no se hizo ajuste respecto a ambas soluciones, durante la etapa de verificación no se encontró ninguna dificultad, ni error dentro de la implementación.

## Resultados

### General

Respecto a la problemática 1, se muestra el mejor resultado del pronóstico y el peor resultado del pronóstico. Las siguientes imágenes son del “*dashboard*” presentado a la encargada de sección de Pastas Jumbo La Reina.

<sup>26</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto.

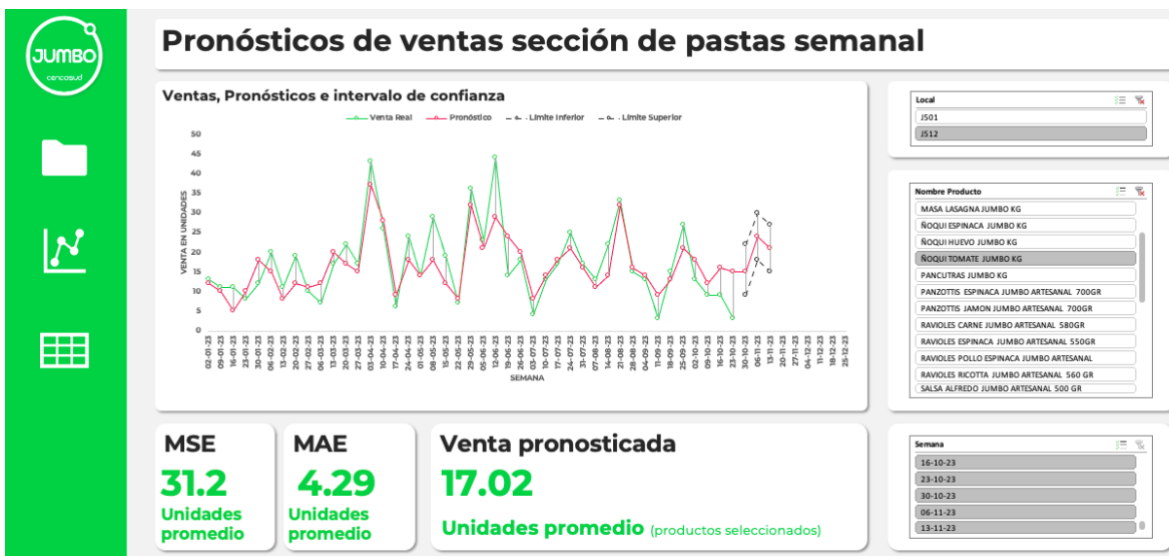


Imagen 9: Mejor pronóstico, Ñoqui Tomate Jumbo La Reina.<sup>27</sup>

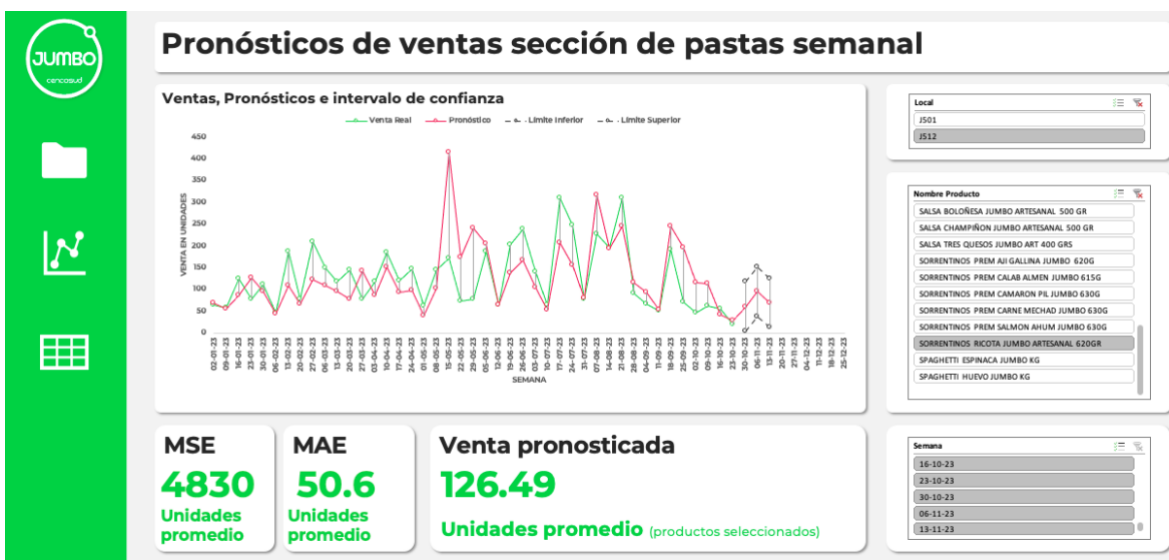


Imagen 10: Mejor pronóstico, Sorrentino Ricotta Jumbo La Reina.<sup>28</sup>

Se desprende de ambas imágenes, que el Ñoqui de tomate, se adapta muy bien a la venta del año 2023. Con un MSE no muy alto y un MAE bajo en comparación a la venta. Por otro lado se tiene el Sorrentino de ricotta, que no se adapta bien a las ventas del año y es muy castigado por la diferencia que tiene en la semana del 15/05/23. En el inciso siguiente se expone la evaluación completa del KPI.

### Métricas de desempeño

Para cada medida de desempeño, se obtuvieron los siguientes resultados.

<sup>27</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto.

<sup>28</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto.

- Tiempo de procesamiento de armado de pedidos.

Tiempo de procesamiento de pedido				
Valor actual (segundos)	Valor esperado (segundos)	Valor medido (segundos)	Diferencia con actual	Diferencia con esperado
147	140	143	2.7%	-2.1%
214	203	178	16.8%	12.3%

Tabla 8: KPI tiempo de procesamiento de armado de pedido en cafetería.<sup>29</sup>

- Cumplimiento de demanda laboral.

Cumplimiento de demanda laboral				
Valor actual	Valor esperado	Valor medido	Diferencia con actual	Diferencia con esperado
56%	90%	82%	46.4%	-8.9%

Tabla 9: KPI cumplimiento de demanda laboral.<sup>30</sup>

- Cantidad de mermas promedio.

Cantidad de mermas promedio				
Valor actual (Q)	Valor esperado (Q)	Valor medido (Q)	Diferencia con actual	Diferencia con esperado
1614	1372	1455	10%	-6%

Tabla 10: KPI cantidad de mermas promedio.<sup>31</sup>

- Tiempo de procesamiento de productos.

Cantidad de mermas promedio				
Valor actual (horas)	Valor esperado (horas)	Valor medido (horas)	Diferencia con actual	Diferencia con esperado
8.4	8	8.3	1%	-3%

Tabla 11: KPI Tiempo de procesamiento de productos.<sup>32</sup>

Debido a que la función de este apartado es mostrar los resultados del proyecto, los comentarios sobre los resultados obtenidos estarán en su apartado correspondiente.

## Evaluación económica

Para este proyecto, se decidió utilizar como instrumento principal el flujo de caja proyectado a 5 años, junto con una evaluación del indicador de Valor Actual Neto (VAN) y se utilizará el payback para verificar cuando se retornará la inversión realizada durante el proyecto. Se decidió no ocupar la Tasa Interna de Retorno (TIR), debido a que, al ser una inversión pequeña y un Flujo de Caja (Operacional + Capital) tan alto, el valor de la TIR no sería tan representativo. En específico para este

<sup>29</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto. Mediciones realizadas durante el mes de noviembre.

<sup>30</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto. Mediciones realizadas durante el mes de noviembre.

<sup>31</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto. Mediciones realizadas durante el mes de noviembre.

<sup>32</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto. Mediciones realizadas durante el mes de noviembre.

proyecto, se decidió hacer 6 flujos de caja, separados por problemática, situación sin proyecto, con proyecto pesimista y con proyecto optimista. Las variables a evaluar dentro de los flujos se encuentran en la siguiente tabla:

Variables de evaluación económica	Problemática 1	Problemática 2
	Descripción 1	Descripción 2
<b>Ingresos anuales por venta</b>	Venta de los productos de la sección de pastas	Venta de los productos de la sección de pastas y cafetería
<b>Costos anuales fijos</b>	Incluye costos por merma, obtenido de MicroStrategy, no incluye más costos, debido a que el desarrollo de la solución y la implementación no lo tuvieron	Contrataciones de personal (internos), sueldos actuales y compra de horno
<b>Utilidad Antes de Impuestos</b>	Utilidades (ingresos - costos) antes de aplicar el 27% de impuesto a la renta	Utilidades (ingresos - costos) antes de aplicar el 27% de impuesto a la renta
<b>Utilidad Después de Impuestos</b>	Utilidades antes de impuestos aplicando el 27% de impuesto a la renta	Utilidades antes de impuestos aplicando el 27% de impuesto a la renta
<b>Flujo operacional</b>	Es igual a la utilidad después de impuestos	Es igual a la utilidad después de impuestos
<b>Inversión Fija</b>	Corresponde a la inversión realizada por Cencosud, en donde se pagó al estudiante CLP 229.885 por 810 horas (5 meses aproximadamente)	Corresponde a la inversión realizada por Cencosud, en donde se pagó al estudiante CLP 229.885 por 810 horas (5 meses aproximadamente)
<b>Flujo de capital</b>	Suma de capitales	Suma de capitales
<b>Flujo de caja</b>	Flujo de capital + Flujo operacional	Flujo de capital + Flujo operacional

*Tabla 12: Variables consideradas dentro del flujo de caja del proyecto.<sup>33</sup>*

Los flujos de caja completos por razones estéticas y de espacio estarán en el apartado de anexos (anexos 11). Para el caso optimista se considera un aumento del 5,8%<sup>34</sup> de la venta y un decrecimiento de la merma en un 9,83% (resultado del proyecto). Y para cafetería un aumento de venta de tickets del 2,93%<sup>35</sup>. Se define una tasa de descuento del 6%<sup>36</sup>, a continuación, se presentan las diferencias de flujo de caja para la problemática 1:

<sup>33</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto.

<sup>34</sup> Promedio de los primeros 8 meses del año 2022 y 2023 de la venta. Data sacada de MicroStrategy

<sup>35</sup> Promedio de año móvil 10/2021 al 9/2022 y 10/2022 al 9/2023. Data sacada de MicroStrategy

<sup>36</sup> Tasa de descuento ocupada para los proyectos de la empresa Cencosud, Retail.

Año	0	1	2	3	4	5
Diferencia (optimista)	-\$ 919,540	\$ 174,681,782	\$ 357,981,454	\$ 551,912,506	\$ 757,091,560	\$ 974,170,999
Diferencia (pesimista)	-\$ 919,540	\$ 1,430,675	\$ 1,430,675	\$ 1,430,675	\$ 1,430,675	\$ 1,430,675

VAN DIFERENCIAL (optimista)	\$ 2,144,828,174
VAN DIFERENCIAL (pesimista)	\$ 4,817,909

Figura 10: Diferencia de flujos de caja de problemática 1, caso optimista y pesimista.<sup>37</sup>

Se desprende de la figura anterior que el proyecto es rentable en ambos casos, pero tiene una variación importante al no considerar el aumento de la venta de la fábrica de Pastas, pero en ambos casos, se obtiene un payback al primer año de implementación del proyecto. Por otra parte se tiene el diferencial del flujo de caja para la segunda problemática.

Año	0	1	2	3	4	5
Diferencia (optimista)	-\$ 8,080,460	\$ 3,529,915	\$ 9,654,304	\$ 15,383,219	\$ 20,638,115	\$ 25,330,913
Diferencia (pesimista)	-\$ 8,080,460	-\$ 2,920,000	-\$ 2,920,000	-\$ 2,920,000	-\$ 2,920,000	-\$ 2,920,000

VAN DIFERENCIAL (optimista)	\$ 49,088,722
VAN DIFERENCIAL (pesimista)	-\$ 19,226,946

Figura 11: Diferencia de flujos de caja de problemática 2, caso optimista y pesimista.<sup>38</sup>

Para este caso se destaca que en el caso pesimista no es rentable el proyecto. Sin embargo, es muy poco probable que ocurra, debido a la mejora en los tiempos de atención. No se contempla el aumento de las ventas de la Cafetería de los clientes que no compran por la fila que se genera en el caso sin proyecto. Tampoco se considera una disminución de dotación debido a la mejora en la eficiencia de la Cafetería. Sin embargo, el caso optimista tendría un payback al segundo año luego de la implementación del proyecto.

## Conclusiones

Respecto a los resultados obtenidos del proyecto, respecto al valor real, son mejores. Sin embargo, respecto al valor esperado, la mayoría de los resultados están por debajo. Esto no necesariamente significa que el proyecto es deficiente, debido a que, con el tiempo y experiencia, se puede aprender a realizar mejores estimaciones respecto a otros proyectos. Lo importante es que en cierta medida las soluciones aplicadas, ayudaron a la empresa a mitigar los dolores identificados. Cencosud es una empresa muy grande a nivel continental y por ello es muy difícil obtener recursos para la realización del proyecto, no obstante, de igual forma se pudo arreglar por ejemplo, la situación de conseguir un horno. Debido a que es muy complicado que la empresa gestione la compra de un solo horno, pero, por lo cual se probó con éxito bajar los tiempos de armado de pedido en un 16,8%. El

<sup>37</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto.

<sup>38</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto.

cumplimiento de la demanda laboral es responsabilidad del encargado de sección, por lo que es una herramienta que sirvió para aumentar el porcentaje en un 46,4%, gracias a que le da una visión detallada de la distribución del personal al jefe. Respecto a los resultados del pronóstico de demanda, en general tuvo un buen desempeño, aunque por debajo de lo esperado. Principalmente puede deberse a la cantidad de productos a evaluar, se evaluaron 60 productos (30 por local), por lo que de alguna forma hay productos que cumplen muy bien y otros que tienen un desempeño bajo. Una posible mejora puede ser implementar un modelo extra de machine Learning y que se complemente con el modelo actual. Y por último, tenemos la medida de desempeño con peor rendimiento y es el tiempo de producción con una mejora del 1%. Esto puede ser así porque hay una gran cantidad de productos, o porque la solución no afectó de manera significativa al KPI. Sin embargo, otro punto de mejora, que se haría de manera distinta por parte del gestor, es que la medida de desempeño no sea la correcta. El nivel de cobertura, o cantidad de horas extra podrían haber sido métricas bastante acertadas, ya que estaban en sintonía con las problemáticas propuestas.

El objetivo general, al estar ligado a los objetivos específicos, no se logró completar en un 100%, pero como se mencionó anteriormente, los resultados fueron buenos. La mejora de los tiempos tuvo un gran desempeño en el caso de la atención al cliente, con un 2,7% y un 16,8% sobre lo esperado. Por otro lado, la merma se disminuyó en un 9,83% (bajo lo esperado que era 15%) Sin embargo, cabe resaltar que solo se midió un mes. Por lo que los resultados pueden no ser muy representativos y para una conclusión más certera, se debería evaluar por más tiempo.

Se recomienda a la empresa, mejorar el modelo implementando análisis con machine Learning en el mediano plazo, también considerar una implementación a nivel nacional luego de mejorar el algoritmo de pronósticos de demanda y quizás implementarlo en otras secciones, como Panadería o Pastelería en el largo plazo. Y respecto a la mejora de los procesos, se recomienda hacerlo en el corto plazo en todas las cafeterías de Jumbo (son 4 más), e implementar el código para otras secciones como Rincón Jumbo.

Respecto al proceso de pasantía y la estadía en la empresa, se aprendieron muchas cosas sobre el mundo del Retail y el mundo empresarial, como los cargos que existen, el funcionamiento interno de una empresa tan grande como lo es Cencosud. Técnicamente, se aprendió a trabajar calculando productividades, analizando datos y a calcular dotaciones de personal, que son conocimientos que no enseñan en la universidad. Los supervisores ayudaron mucho, pero hay impedimentos notables

respecto a la innovación o asignación de recursos. A pesar de esto, el proyecto se pudo realizar de igual forma y los resultados no fueron los esperados, pero si fueron buenos.

Por último, recalcar que los aprendizajes principales al realizar el proyecto son la búsqueda exhaustiva de oportunidades de mejora. A veces los dolores que tiene la empresa son claros, pero cuesta verlos de manera clara, por lo que es necesario un análisis más profundo para llegar a las causas de dicha problemática y la creatividad para buscar las soluciones a dicho problema con sus causas. Si bien es algo más fácil que identificar la problemática, muchas veces se cae en buscar dolores con una solución ya pensada, sin embargo, este no es el camino correcto de abordar la ingeniería. Debido a que lo que se hace es buscar la mejor solución al problema dependiendo del contexto en el que se encuentra, mas no teniendo una solución, buscar el problema que mejor se adapte a ella.



## Referencias

- [1] Nahmias, S. (2007). *Análisis de la producción y las operaciones*.
- [2] Pinto, E. C. (2021, Julio). *Repositorio Universidad Autónoma de Madrid*. Retrieved 09 13, 2023, from [https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/698040/cabornero\\_pinto\\_eduardo\\_tfg.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/698040/cabornero_pinto_eduardo_tfg.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [3] PRO, F. (25 de Octubre de 2023). *Pronostico experto*. Recuperado el Octubre de 2023, de <https://www.pronosticoexperto.com/testimonios>
- [4] Amazon. (25 de Octubre de 2023). *Amazon*. Recuperado el Octubre de 2023, de <https://aws.amazon.com/es/forecast/customers/>
- [5] Barrera, R. (2011). *DISEÑO DE UN MODELO DE OPTIMIZACIÓN DE TURNOS PARA CAJEROS*. Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- [6] MRPeasy. (2023, septiembre). Caso éxito empresa KS2, form <https://manufacturing-software-blog.mrpeasy.com/es/historia-de-exito-ks2/>

## Anexos

### 1. Tabla Ventas y Mermas

Producto	Promedio de Total general	Promedio por local	Venta promedio general	Venta promedio por local	Porcentaje Mermas
CANELON CARNE JUMBO ARTESANAL 6U	\$ 502,938	\$ 8,245	\$ 4,089,459	\$ 67,040	11%
CANELONES JAMÓN QUESO JUMBO ARTESANAL 6U	\$ 472,856	\$ 7,752	\$ 2,932,766	\$ 48,078	14%
CANELONES NAPOLITANO JUMBO ARTESANAL 6U	\$ 412,402	\$ 6,761	\$ 2,808,970	\$ 46,049	13%
FETUCCINI ESPINACA JUMBO KG	\$ 545,073	\$ 8,936	\$ 10,326,302	\$ 169,284	5%
FETUCCINI HUEVO JUMBO KG	\$ 441,592	\$ 7,239	\$ 15,904,381	\$ 260,728	3%
MASA LASAGNA JUMBO KG	\$ 355,933	\$ 5,835	\$ 2,893,701	\$ 47,438	11%
ÑOQUI ESPINACA JUMBO KG	\$ 652,060	\$ 10,690	\$ 4,957,554	\$ 81,271	12%
ÑOQUI HUEVO JUMBO KG	\$ 513,320	\$ 8,415	\$ 10,980,475	\$ 180,008	4%
ÑOQUI TOMATE JUMBO KG	\$ 404,119	\$ 6,625	\$ 1,802,519	\$ 29,549	18%
PANCUTRAS JUMBO KG	\$ 313,799	\$ 5,144	\$ 2,134,576	\$ 34,993	13%
PANZOTTIS ESPINACA JUMBO ARTESANAL 700GR	\$ 664,659	\$ 10,896	\$ 8,167,803	\$ 133,898	8%
PANZOTTIS JAMON JUMBO ARTESANAL 700GR	\$ 754,900	\$ 12,375	\$ 5,949,029	\$ 97,525	11%
RAVIOLES CARNE JUMBO ARTESANAL 580GR	\$ 604,397	\$ 9,908	\$ 9,769,220	\$ 160,151	6%
RAVIOLES ESPINACA JUMBO ARTESANAL 550GR	\$ 511,405	\$ 8,384	\$ 8,269,292	\$ 135,562	6%
RAVIOLES POLLO ESPINACA JUMBO ARTESANAL	\$ 607,894	\$ 9,965	\$ 5,838,148	\$ 95,707	9%
RAVIOLES RICOTTA JUMBO ARTESANAL 560 GR	\$ 535,324	\$ 8,776	\$ 9,973,464	\$ 163,499	5%
SALSA ALFREDO JUMBO ARTESANAL 500 GR	\$ 494,143	\$ 8,101	\$ 4,289,824	\$ 70,325	10%
SALSA BASILICA JUMBO ART 500 GRS	\$ 549,212	\$ 9,003	\$ 2,993,744	\$ 49,078	16%
SALSA BLANCA JUMBO ARTESANAL 500 GR	\$ 501,001	\$ 8,213	\$ 2,906,419	\$ 47,646	15%
SALSA BOLONESA JUMBO ARTESANAL 500 GR	\$ 536,399	\$ 8,793	\$ 7,364,804	\$ 120,734	7%
SALSA CHAMPIÑON JUMBO ARTESANAL 500 GR	\$ 609,002	\$ 9,984	\$ 2,845,806	\$ 46,653	18%
SALSA TRES QUESOS JUMBO ART 400 GRS	\$ 600,190	\$ 9,839	\$ 3,939,641	\$ 64,584	13%
SORRENTINO CAMARONES PIL PIL JUMB ART630	\$ 799,540	\$ 13,107	\$ 4,866,528	\$ 79,779	14%
SORRENTINO CARNE MECHADA JUMBO ART 630	\$ 842,386	\$ 13,810	\$ 12,046,511	\$ 197,484	7%
SORRENTINO PREM AJI GALLINA JUMB ART 620	\$ 2,045,532	\$ 33,533	\$ 5,302,288	\$ 86,923	28%
SORRENTINO PREM CALABAZ ALM JUMB ART 615	\$ 761,300	\$ 12,480	\$ 12,507,020	\$ 205,033	6%
SORRENTINO SALMON AHUMADO JUMBO ART 630	\$ 1,664,201	\$ 27,282	\$ 9,597,664	\$ 157,339	15%
SORRENTINOS RICOTA JUMBO ARTESANAL 620GR	\$ 474,234	\$ 7,774	\$ 15,218,288	\$ 249,480	3%
SPAGHETTI ESPINACA JUMBO KG	\$ 718,965	\$ 11,786	\$ 5,747,311	\$ 94,218	11%
SPAGHETTI HUEVO JUMBO KG	\$ 658,369	\$ 10,793	\$ 8,171,564	\$ 133,960	7%
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 19,547,143</b>	<b>\$ 320,445</b>	<b>\$ 204,595,073</b>	<b>\$ 3,354,018</b>	<b>9%</b>

Tabla 13: Ventas y Mermas promedio al mes en sección de Pastas.<sup>39</sup>

### 2. Contexto explicado de forma específica

Cuando se forma fila en cafetería, de dos o más clientes, los pedidos demoran más en salir. En el siguiente gráfico se presenta la distribución de tiempos de armado de pedido en clientes que fueron expuestos a hacer fila.

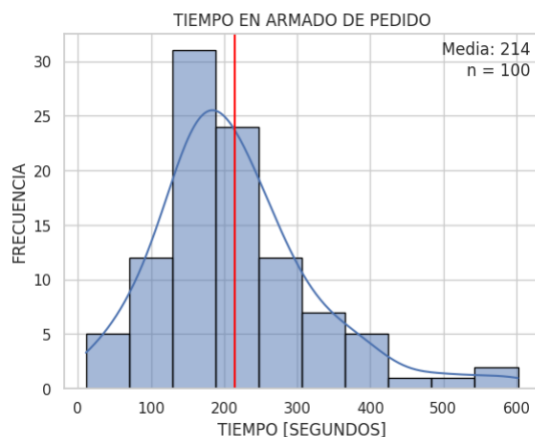


Figura 12: Distribución de tiempos de armado de pedido en cafetería de Jumbo Bilbao, Jumbo Costanera y Jumbo Ñuñoa.<sup>40</sup>

<sup>39</sup> Cencosud, 2023. Datos obtenidos de MicroStrategy, Ventas y Mermas año móvil noviembre 2022 a octubre 2023.

<sup>40</sup> Cencosud, 2023. Datos obtenidos de mediciones propias con aplicación de la empresa para medir tareas de la sección de Cafetería. Gráfico de elaboración propia Agustín Guerrero.

Se tiene un tamaño de muestra de 100 clientes medidos de lunes a domingo, con una media de 214 segundos, que equivale a 3 minutos con 34 segundos. Como en casos anteriores, esta información no basta por sí sola, por lo que se debe contrastar con los tiempos de armado de pedido sin fila, es decir, los clientes medidos no fueron expuestos a una fila de más de dos clientes.

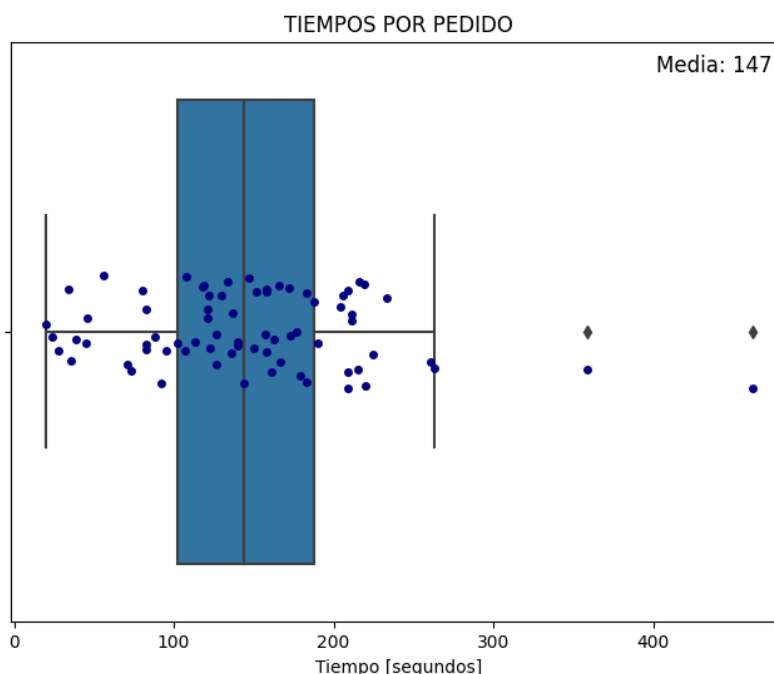


Figura 13: Gráfico de caja que muestra la distribución de tiempos de armado de pedido sin fila.<sup>41</sup>

Si bien la muestra no se encuentra en el gráfico, esta es de  $n = 78$  pedidos medidos en clientes que no fueron expuestos a fila. Se aprecia que existen dos valores atípicos, y la media es de 147 segundos que equivale a 2 minutos con 27 segundos. Si se sacan los valores atípicos de los datos, se obtiene una media de 139 segundos aproximadamente. Si se hace el contraste con los tiempos de armado de pedidos se tiene que, con fila los pedidos salen un 31% más lento que cuando no hay fila. Se puede decir que debido a la cantidad de gente que tienen que atender de manera consecutiva, el personal se demora un 31% más. Esto puede deberse a diferentes factores, lo primero, es que la capacidad de las máquinas se vea sobrepasada por la cantidad de gente que tienen que atender. También puede deberse al hecho de que el personal se estrese debido a la poca disponibilidad de dotación para efectuar las tareas que tienen que realizar durante su jornada. Y, por último, puede ser porque los procesos se están efectuando en un orden incorrecto, lo que generaría un atraso en el armado del pedido.

<sup>41</sup> Cencosud, 2023. Datos obtenidos de mediciones propias con aplicación de la empresa para medir tareas de la sección de Cafetería. Gráfico de elaboración propia Agustín Guerrero.

### 3. Diagramas de Ishikawa

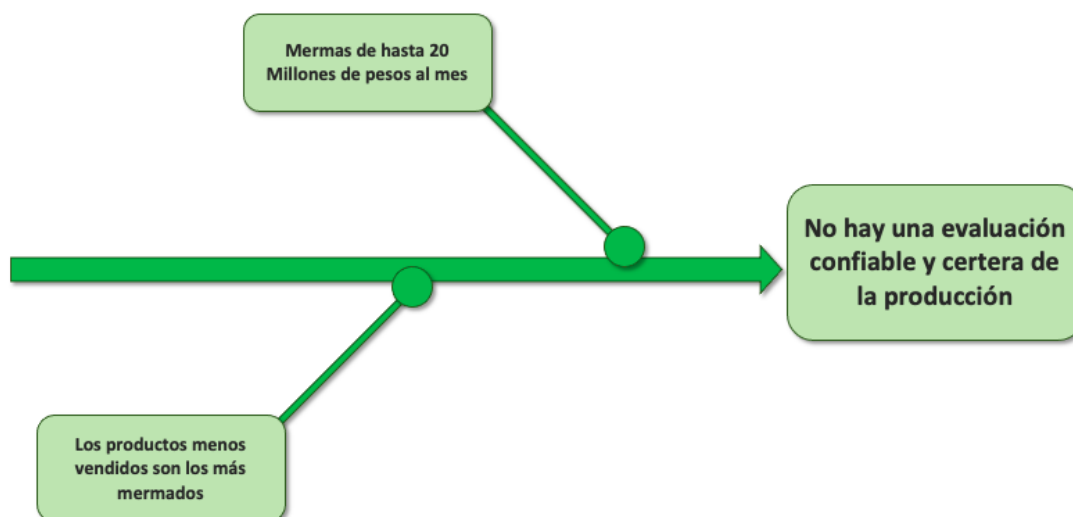


Figura 14: Diagrama de Ishikawa problemática de mermas.<sup>42</sup>

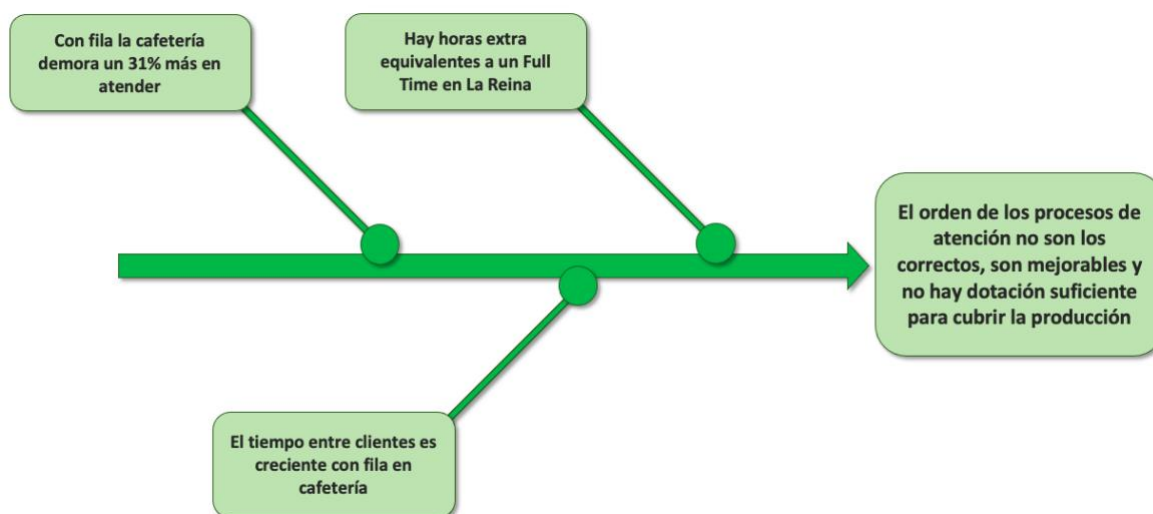


Figura 15: Diagrama de Ishikawa problemática de procesos y dotación de personal.<sup>43</sup>

Diagramas de Ishikawa que presentan los síntomas asociados a sus respectivas problemáticas, encontrando dos principales, las cuales serán desarrolladas a lo largo del informe.

### 4. Nivel de cobertura y horas extra en La Reina.

Local	Horas extras FTE	Nivel de cobertura
J512	0.96	95.09%

<sup>42</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto.

<sup>43</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto.

*Tabla 14: Nivel de cobertura y horas extra en Jumbo La Reina<sup>44</sup>*

Se aprecia de la tabla, lo que se comentó en el cuerpo del informe, que las horas extra equivalen a casi un FTE al mes. Y el nivel de cobertura, es decir, los traspasos a Bilbao se cumplen en un 95,09%.

## 5. Justificación de elección de las soluciones y criterios de asignación de puntaje.

A continuación se detallan los criterios de evaluación de las soluciones.

- 1. Tiempo de implementación:** Es el tiempo que se demora la solución en ser diseñada e implementada a la empresa, y contempla todo tipo de esperas. A mayor puntaje, menor es el tiempo.
- 2. Costo de implementación:** Corresponde a todos los costos en los que se incurre al momento de implementar la solución.
- 3. Impacto al negocio:** Significa el impacto positivo que tiene la solución al modelo de negocio.
- 4. Alineación con la problemática:** Implica el nivel en el que la solución resuelve la problemática, teniendo en cuenta el contexto del proyecto.
- 5. Alineación con el negocio:** Se refiere a que tanto se alinea la solución con el modelo de negocio y las necesidades de la empresa.

De la tabla del cuerpo del informe, se desprende que las soluciones que se llevarán a cabo en este proyecto para resolver las problemáticas asociadas a cada una, son la solución 1 y la solución 5. La primera consiste en realizar un algoritmo de pronósticos de demanda con métodos objetivos, tales como suavizados exponenciales, medias móviles, entre otros, que solucionan la dificultades de las mermas. En cuanto a la solución del problema de tiempos de atención y producción es el uso de Scheduling y Procesamiento para encontrar cuellos de botella de los procesos, con el fin de mitigarlos.

Respecto a los puntajes asignados a cada solución, el tiempo de aplicación de un algoritmo programado (solución 1) no es mayor, en comparación al modelo de Machine Learning, que necesita entrenamiento y programar redes neuronales para una aplicación exitosa, lo que llevaría mucho tiempo. Respecto al costo, solo se consideran las horas de trabajo del gestor del proyecto y su desempeño con el impacto al modelo de negocio, la alineación con la problemática y la alineación con el negocio, son de un desempeño por encima de lo normal, pero no alcanza a ser un desempeño máximo. Referente a la solución 5, se tiene que hay un costo de implementación mayor, lo que

---

<sup>44</sup> Cencosud, 2023. Datos obtenidos de departamento de RRHH Cencosud, horas extra por cargo y por sección, traspasos entre locales a través de plataforma SAP.

genera un desempeño más alto, el tiempo de aplicación es más lento que la solución 1, debido a que solucionar cuellos de botella en los procesos es más complejo, lleva mayor demanda de tiempo. El impacto al modelo de negocio podría ser menor, pero desde una perspectiva de ahorro de costos, sigue siendo normal. Su alineación con la problemática y alineación con el negocio es media alta porque resuelve de manera más que ordinaria la problemática y la cobertura de las necesidades de la empresa.

## 6. Explicación de metodología de Cascada.

**1. Requisitos:** En esta etapa se definen las especificaciones que debe tener el software (algoritmos), se revisa el formato de los datos que se entregan, y como este se debe adaptar a la realidad de la empresa.

**2. Diseño:** Aquí se especifica como va a ser el sistema, se realizan diagramas del algoritmo, conexiones con bases de datos, diseño arquitectónico del sistema, entre otros.

**3. Implementación:** Esta es la etapa más larga de la metodología y es donde los pasos anteriores se desarrollan y forman el software. El desarrollo es lo que más demora y debe realizarse hasta que quede un software funcional.

**4. Verificación:** Etapa donde se realizan pruebas para evaluar el comportamiento del software en el entorno de aplicación y para el caso del proyecto, se harán las mediciones de las medidas de desempeño post aplicación de la solución.

**5. Mantenimiento:** En este apartado se gestionan las actualizaciones que sean necesarias para que el software se adapte lo máximo posible al contexto en donde se aplica la solución.

## 7. Mitigaciones robustas de riesgos más problemáticos.

Sin embargo, para el *retraso en el plan de implementación* debe considerarse que, en caso de que una etapa de la metodología se atrase, deben acortarse las otras etapas. Además, es clave para el proyecto definir prioridades, para la etapa de la implementación de la solución, todo lo referente al informe de pasantía debe ser dejado en segundo plano, debido a la urgencia de tener la solución medida antes de la última semana de Noviembre (ver Planificación). Respecto a la incompatibilidad de la solución, los requisitos ya fueron definidos y no deberían ser una dificultad para el desarrollo del proyecto, en caso de ser incompatible la solución, se deben revisar los requisitos y aspectos técnicos de la misma para hacer compatible la solución.

## 8. Flujos generales por problemática

La herramienta para descargar la información de las ventas y las mermas de la sección de Pastas es MicroStrategy. Esta plataforma descarga un informe con un archivo Excel que contiene toda la

información solicitada. En primera instancia, se pensó utilizar únicamente Excel para realizar la creación del pronóstico, sin embargo, debido a las limitaciones de Excel en cuanto a posibles búsquedas de predicciones con el menor error posible, Python<sup>45</sup> es una muy buena alternativa para cumplir con las debilidades técnicas antes mencionadas, por lo que se decidió el uso de este lenguaje de programación para el desarrollo del algoritmo. Luego se volverá a Excel, porque es compatible con el entorno de office que maneja la empresa. Por último, falta la forma de distribución de la información, en conversaciones con el supervisor, se llegó a la conclusión de que la mejor forma es mediante un correo electrónico de la herramienta Outlook y debe llegar de manera periódica (más adelante se va a establecer el tiempo de entrega de información). A continuación, se detalla un flujo simple de las plataformas y software a utilizar para la implementación de la solución.



*Figura 16: Flujo de implementación de algoritmo de pronósticos de demanda.<sup>46</sup>*

Esta es una explicación general del diseño de la solución. Cabe resaltar que hay que hacer de forma manual, una de estas es la descarga de la información de la plataforma MicroStrategy, no hay una forma sencilla de efectuar una descarga automática de esta herramienta. Sin embargo, no es necesario que sea automática, si bien aumentaría la calidad de la solución debido a la simplicidad, no es el objetivo de este proyecto. También la ejecución de los scripts debe hacerse de manera manual, debido a que se debe corroborar que la información descargada contenga los datos correctos. Con esto claro, se presenta el siguiente diagrama que contiene a mayor detalle el funcionamiento del script principal que calcula los pronósticos.

La solución 2 está relacionada con la productividad de las secciones, por lo que los procesos toman mucha importancia. Como se mencionó en instancias anteriores, se realizaron mediciones de los distintos procesos de las secciones de Pastas y Cafetería en 6 locales (Jumbo Bilbao, Costanera, Ñuñoa, La Dehesa, La Reina y Kennedy). Estas mediciones se realizaron en una aplicación de

<sup>45</sup> Entorno Python 3.11.5 para ambas soluciones

<sup>46</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto.

PowerApps desarrollada por el equipo de Productividad de la gerencia de Eficiencia y Clientes de Supermercados Cencosud. Esta aplicación sube la información de manera automática a la plataforma SharePoint de Microsoft. Esta información se descarga en formato Excel y es filtrada y tratada con el lenguaje de programación Python, donde también se realiza Scheduling para analizar la atención al cliente. Luego en Excel se calcula la dotación necesaria para el correcto funcionamiento de la sección en FTE<sup>47</sup>. A continuación, se muestra un diagrama general de la implementación de esta solución.



*Figura 17: Flujo de implementación de Scheduling y cálculo de dotación.<sup>48</sup>*

Al igual que en la solución anterior, este es un diagrama simple que da a entender las herramientas utilizadas para el desarrollo del proyecto. También, de manera similar, se presenta un diagrama de flujo, que representa el diseño general de la implementación de Scheduling en Python.

## 9. Productos fabricados en Pastas, Carta Gantt de cafetería y Script de Scheduling en Python.

Se detallan en la siguiente tabla los productos considerados para el análisis de la sección de Pastas frescas.

Producto
CANELON CARNE JUMBO ARTESANAL 6U
CANELONES JAMÓN QUESO JUMBO ARTESANAL 6U
CANELONES NAPOLITANO JUMBO ARTESANAL 6U
FETUCCINI ESPINACA JUMBO KG
FETUCCINI HUEVO JUMBO KG
MASA LASAGNA JUMBO KG
ÑOQUI ESPINACA JUMBO KG
ÑOQUI HUEVO JUMBO KG
ÑOQUI TOMATE JUMBO KG

<sup>47</sup> Full Time Equivalente, significa la cantidad de personal equivalente a un trabajador con contrato de 45 horas semanales. La empresa trabaja de esta forma las dotaciones de personal.

<sup>48</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto.



PANCUTRAS JUMBO KG
PANZOTTIS ESPINACA JUMBO ARTESANAL 700GR
PANZOTTIS JAMON JUMBO ARTESANAL 700GR
RAVIOLES CARNE JUMBO ARTESANAL 580GR
RAVIOLES ESPINACA JUMBO ARTESANAL 550GR
RAVIOLES POLLO ESPINACA JUMBO ARTESANAL
RAVIOLES RICOTTA JUMBO ARTESANAL 560 GR
SALSA ALFREDO JUMBO ARTESANAL 500 GR
SALSA BASILICA JUMBO ART 500 GRS
SALSA BLANCA JUMBO ARTESANAL 500 GR
SALSA BOLOÑESA JUMBO ARTESANAL 500 GR
SALSA CHAMPIÑON JUMBO ARTESANAL 500 GR
SALSA TRES QUESOS JUMBO ART 400 GRS
SORRENTINOS PREM AJI GALLINA JUMBO 620G
SORRENTINOS PREM CALAB ALMEN JUMBO 615G
SORRENTINOS PREM CAMARON PIL JUMBO 630G
SORRENTINOS PREM CARNE MECHAD JUMBO 630G
SORRENTINOS PREM SALMON AHUM JUMBO 630G
SORRENTINOS RICOTA JUMBO ARTESANAL 620GR
SPAGHETTI ESPINACA JUMBO KG
SPAGHETTI HUEVO JUMBO KG

Tabla 15: Productos para análisis del proyecto.<sup>49</sup>

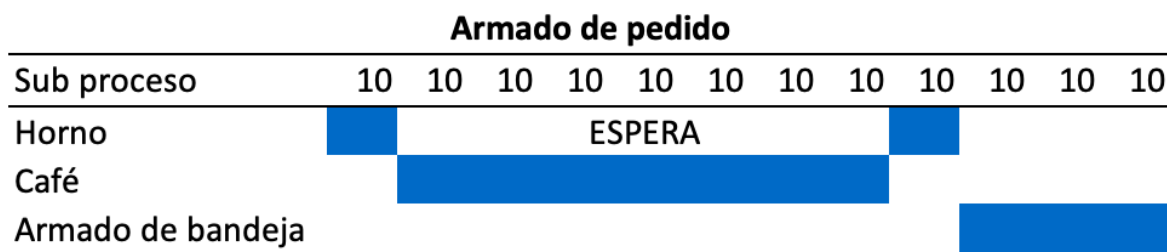


Figura 18: Carta Gantt de orden óptimo de procesos de atención al cliente.<sup>50</sup>

Muestra el orden óptimo de orden de tareas, el horno solo debe ser intervenido al meter y sacar el producto. No tiene sentido que se queden esperando. El café puede hacerse mientras el horno está calentando el producto. Y el armado de la bandeja es lo final, ya con los productos que quiere el cliente listos.

<sup>49</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto.

<sup>50</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto.

```
# Definir clientes
cliente = 39

nombre_proceso = ["Caja", "Armado de pedido"]

nombre_cliente = []
d_clientes = []
secuencia = []

# Definir variables de manera variable
for i in range(1, cliente + 1):
    # Crear clientes
    nombre_cliente.append('C'+str(i))

    # Tiempos clientes
    d_clientes.append((80, 120))

    # Secuencia
    secuencia.append(i - 1)

calendario = []

# Último t0 para cada etapa:
tn_etapa = [0] * len(nombre_proceso)

# Para cada cliente en la secuencia:
for i_cliente in secuencia:
    # Para cada subtarea en el cliente:
    for i_proceso, d_subtarea in enumerate(d_clientes[i_cliente]):
        tn_proceso_anterior = tn_etapa[i_proceso - 1]
        tn_proceso_presente = tn_etapa[i_proceso]

        # Obtenemos el t0:
        if (i_proceso > 0) & (tn_proceso_anterior > tn_proceso_presente):
            t0 = tn_proceso_anterior
        else:
            t0 = tn_proceso_presente

        # Agregamos subtarea programada:
        agregar_subtarea(t0, d_subtarea, i_proceso, i_cliente)

        # Nuevo tn:
        tn_etapa[i_proceso] = t0 + d_subtarea

# Crear DataFrame
df = pd.DataFrame(calendario)
df.rename(columns={'t0': 'Tiempo_Inicio', 'd': 'Tiempo_en_proceso', 'i_proceso': 'Proceso', 'i_cliente': 'Cliente'},
          inplace=True)

df['Proceso'] = df['Proceso'].replace(0, 'Caja')
df['Proceso'] = df['Proceso'].replace(1, 'Armado de pedido')

# Poner tiempo final
df['Tiempo_final'] = df['Tiempo_Inicio'] + df['Tiempo_en_proceso']

# Ordenar DataFrame
df = df[['Tiempo_Inicio', 'Tiempo_final', 'Tiempo_en_proceso', 'Proceso', 'Cliente']]

# Tiempo por cliente
df_cliente = df.copy()
df_cliente = df_cliente.groupby('Cliente').agg({'Tiempo_Inicio': 'min', 'Tiempo_final': 'max'}).reset_index()
df_cliente['Duracion_de_atencion'] = df_cliente['Tiempo_final'] - df_cliente['Tiempo_Inicio']

# Espera por horno
df_cliente['Espera'] = df_cliente['Duracion_de_atencion'] - 200

# Calcular tiempo entre clientes
tiempo_entre_clientes = df_cliente['Tiempo_final'].diff().mean()

# Mostrar DataFrame y resultados
print('Makespan:', round(df['Tiempo_final'].max() / 60), ' minutos')
print('Tiempo entre clientes:', (tiempo_entre_clientes / 60), ' minutos')
display(df)
df_cliente
```

Imagen 11: Script 1 de Scheduling (1 horno).<sup>51</sup>

<sup>51</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto.

```
# Definir clientes
cliente = 39

nombre_proceso = ["Caja", "Armado de pedido 1", "Armado de pedido 2"]

nombre_cliente = []
d_clientes = []
secuencia = []

# Definir variables de manera variable
for i in range(1, cliente + 1):
    # Crear clientes
    nombre_cliente.append(f'C{i}')

    # Tiempos clientes
    d_clientes.append((80, 120, 120))

    # Secuencia
    secuencia.append(i - 1)

calendario = []

# Último t0 para cada etapa:
tn_etapa = [0] * (len(nombre_proceso))

# Para cada cliente en la secuencia:
for i_cliente in secuencia:
    # Para cada subtarea en el cliente:
    for i_proceso, d_subtarea in enumerate(d_clientes[i_cliente]):
        if (i_proceso != 1) & (i_proceso != 2):
            tn_proceso_anterior = tn_etapa[i_proceso - 1]
            tn_proceso_presente = tn_etapa[i_proceso]

            # Obtenemos el t0:
            if (i_proceso > 0) & (tn_proceso_anterior > tn_proceso_presente):
                t0 = tn_proceso_anterior
            else:
                t0 = tn_proceso_presente

            # Agregamos subtarea programada:
            agregar_subtarea(t0, d_subtarea, i_proceso, i_cliente)

            # Nuevo tn:
            tn_etapa[i_proceso] = t0 + d_subtarea
        else:
            if (i_cliente % 2 == 0) & (i_proceso == 1):
                tn_proceso_anterior = tn_etapa[i_proceso - 1]
                tn_proceso_presente = tn_etapa[i_proceso]

                # Obtenemos el t0:
                if (i_proceso > 0) & (tn_proceso_anterior > tn_proceso_presente):
                    t0 = tn_proceso_anterior
                else:
                    t0 = tn_proceso_presente

                # Agregamos subtarea programada:
                agregar_subtarea(t0, d_subtarea, i_proceso, i_cliente)

                # Nuevo tn:
                tn_etapa[i_proceso] = t0 + d_subtarea
            elif (i_cliente % 2 != 0) & (i_proceso == 2):
                tn_proceso_anterior = tn_etapa[i_proceso - 2]
                tn_proceso_presente = tn_etapa[i_proceso]

                # Obtenemos el t0:
                if (i_proceso > 0) & (tn_proceso_anterior > tn_proceso_presente):
                    t0 = tn_proceso_anterior
                else:
                    t0 = tn_proceso_presente

                # Agregamos subtarea programada:
                agregar_subtarea(t0, d_subtarea, i_proceso, i_cliente)

                # Nuevo tn:
                tn_etapa[i_proceso] = t0 + d_subtarea

# Crear DataFrame
df = pd.DataFrame(calendario)
df.rename(columns={'t0': 'Tiempo_Inicio', 'd': 'Tiempo_en_proceso', 'i_proceso': 'Proceso', 'i_cliente': 'Cliente'},
          inplace=True)

# Editar DataFrame
df['Proceso'] = df['Proceso'].replace(0, 'Caja')
df['Proceso'] = df['Proceso'].replace(1, 'Armado de pedido 1')
df['Proceso'] = df['Proceso'].replace(2, 'Armado de pedido 2')

# Poner tiempo final
df['Tiempo_final'] = df['Tiempo_Inicio'] + df['Tiempo_en_proceso']

# Ordenar DataFrame
df = df[['Tiempo_Inicio', 'Tiempo_final', 'Tiempo_en_proceso', 'Proceso', 'Cliente']]

# Tiempo por cliente
df_cliente = df.copy()
df_cliente = df_cliente.groupby('Cliente').agg({'Tiempo_Inicio': 'min', 'Tiempo_final': 'max'}).reset_index()
df_cliente['Duracion_de_atencion'] = df_cliente['Tiempo_final'] - df_cliente['Tiempo_Inicio']

# Calcular tiempo entre clientes
tiempo_entre_clientes = df_cliente['Tiempo_final'].diff().mean()
```

*Imagen 12: Script 2 de Scheduling (dos hornos).<sup>52</sup>*

Ambos scripts toman la cantidad de clientes, crean los diccionarios correspondientes con sus tiempos de procesamiento por “máquina”, que en este caso son procesos como caja, armado de pedido 1 y armado de pedido 2. Luego se establece un orden respecto a que cliente se atiende primero, que para este caso da igual porque se asume la bandeja promedio y mismos tiempos por proceso. Se recorre por cliente y proceso, determinando tiempos de inicio y duración de las tareas. Asignando según corresponda, restricciones como las del segundo script en donde se hace la separación entre hornos identificando el número del proceso. Generando una separación por cliente dependiendo si es par o impar, ya que, al tener los mismos tiempos, se asume que van la mitad de los clientes a un horno y la otra al segundo.

## 10. Marco teórico de soluciones.

Antes de revisar el desarrollo como tal de las soluciones, hay que dar un poco de contexto sobre cómo se utilizaron las herramientas y diseños propuestos con anterioridad. Primero que todo, para el algoritmo de pronóstico de demanda se utilizó el Suavizado Exponencial Triple, que tiene en cuenta tendencia y estacionariedad, ya que la venta productos no es lineal, y el modelo de Winter se adapta bastante bien a los datos (posteriormente se dará el ejemplo). Este método de pronósticos de demanda es de la siguiente forma [1]:

$$S_t = \alpha \left( \frac{D_t}{c_{t-N}} \right) + (1 - \alpha)(S_{t-1} + G_{t-1}) \quad (5)$$

$$G_t = \beta[S_t - S_{t-1}] + (1 - \beta)G_{t-1} \quad (6)$$

$$c_t = \gamma \left( \frac{D_t}{S_t} \right) + (1 - \gamma)c_{t-N} \quad (7)$$

Para ver más detalle del funcionamiento teórico del algoritmo, ver referencias [1]. Debido a la naturaleza perecible de los productos de Pastas, el pronóstico se realizará de manera semanal, con cuatro semanas de predicción de la demanda.

Respecto a la solución que disminuye los tiempos de procesamiento, primero hay que hacer un inciso clave para explicar la forma en la que la empresa calcula<sup>53</sup> a los FTE. Para Cafetería se utilizó el tiempo promedio de atención al cliente (AT) cuando hay fila (Grafico 1). Este tiempo se multiplica por la cantidad de tickets mensuales que vende cafetería.

$$\text{Tiempo mensual AT} = \text{Tickets Mensuales} * \text{Tiempo promedio AT} \quad (8)$$

<sup>52</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto.

<sup>53</sup> Esta forma en la que se decidió en conjunto con la empresa calcular las dotaciones de personal. Era primera vez que se hacía de esta forma con mediciones de productividad.

De esta forma se obtiene el tiempo total que dedican los colaboradores en promedio a atender clientes. A través de las mediciones (de turno completo) se obtuvo que el porcentaje que dedican a atender clientes es de un 20,4%<sup>54</sup> del turno. El resultado de la ecuación 10 se divide por el porcentaje de atención al cliente, y luego se divide todo por 180<sup>55</sup> horas. Esto entrega la cantidad de FTE que requiere la sección de manera mensual y en promedio.

$$FTE_{cafetería} = \frac{\text{Tiempo mensual AT}(\frac{1}{20,4\%})}{180} \quad (9)$$

De esta forma se obtiene la dotación en cantidad de Full Time de cafetería. Para la sección de Pastas es distinto, debido a que no poseen atención al cliente, pero si tienen producción. En este caso existen tiempos fijos y tiempos variables asociados a cada producto. En la siguiente ecuación se muestra como es el cálculo del tiempo promedio de producción (PP) mensual de un producto.

$$\text{Tiempo mensual PP} = \text{Tiempo fijo mensual} + X_i * \text{Tiempo variable} \quad (10)$$

Con  $X_i$  como la cantidad promedio mensual producida del producto  $i$ . También hay que considerar que la producción de un local está dada por la ecuación (2), pero para obtener la producción de las fábricas de Pastas, se debe considerar los traspasos realizados por ese local en particular. Por lo tanto la producción de un producto  $i$  es:

$$\text{Producción}_i = \text{Ventas}_i + \text{Mermas}_i + \text{Traspasos}_i \quad (11)$$

Al igual que en Cafetería, se tiene que el porcentaje de producción, luego de medir turnos completos del personal de Pastas, es de 43,5%.

$$FTE_{pastas} = \frac{\text{Tiempo mensual PP}(\frac{1}{43,5\%})}{180} \quad (12)$$

Una vez expuestas la formas y herramientas a utilizar dentro de las soluciones, se puede mostrar la implementación de ambas.

## 11. Flujos de caja.

A continuación se muestran los flujos de caja de la primera problemática.

<sup>54</sup> Cencosud, 2023. Datos obtenidos de mediciones propias con aplicación de la empresa para medir turno completo de la sección de Cafetería.

<sup>55</sup> Son 180 horas debido a que un FTE trabaja 45 horas semanales, y al mes aproximadamente son 180 horas.

Sin proyecto						
Años	0	1	2	3	4	5
Ingresos anuales por venta		\$ 4,091,901,450	\$ 4,091,901,450	\$ 4,091,901,450	\$ 4,091,901,450	\$ 4,091,901,450
Costos anuales fijos		-\$ 19,937,219	-\$ 19,937,219	-\$ 19,937,219	-\$ 19,937,219	-\$ 19,937,219
<b>Utilidad Antes de Impuestos</b>		<b>\$ 4,071,964,231</b>	<b>\$ 4,071,964,231</b>	<b>\$ 4,071,964,231</b>	<b>\$ 4,071,964,231</b>	<b>\$ 4,071,964,231</b>
Impuesto a la renta		-\$ 1,099,430,342	-\$ 1,099,430,342	-\$ 1,099,430,342	-\$ 1,099,430,342	-\$ 1,099,430,342
<b>Utilidad Después de Impuestos</b>		<b>\$ 2,972,533,889</b>	<b>\$ 2,972,533,889</b>	<b>\$ 2,972,533,889</b>	<b>\$ 2,972,533,889</b>	<b>\$ 2,972,533,889</b>
<b>Flujo operacional</b>		<b>\$ 2,972,533,889</b>	<b>\$ 2,972,533,889</b>	<b>\$ 2,972,533,889</b>	<b>\$ 2,972,533,889</b>	<b>\$ 2,972,533,889</b>
Inversión Fija						
Flujo de capital						
<b>Flujo de caja privado</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ 2,972,533,889</b>	<b>\$ 2,972,533,889</b>	<b>\$ 2,972,533,889</b>	<b>\$ 2,972,533,889</b>	<b>\$ 2,972,533,889</b>

Con proyecto (optimista)						
Años	0	1	2	3	4	5
Ingresos anuales por venta		\$ 4,329,231,734	\$ 4,580,327,175	\$ 4,845,986,151	\$ 5,127,053,348	\$ 5,424,422,442
Costos anuales fijos		-\$ 17,977,390	-\$ 17,977,390	-\$ 17,977,390	-\$ 17,977,390	-\$ 17,977,390
<b>Utilidad Antes de Impuestos</b>		<b>\$ 4,311,254,344</b>	<b>\$ 4,562,349,784</b>	<b>\$ 4,828,008,760</b>	<b>\$ 5,109,075,957</b>	<b>\$ 5,406,445,051</b>
Impuesto a la renta		-\$ 1,164,038,673	-\$ 1,231,834,442	-\$ 1,303,562,365	-\$ 1,379,450,508	-\$ 1,459,740,164
<b>Utilidad Después de Impuestos</b>		<b>\$ 3,147,215,671</b>	<b>\$ 3,330,515,343</b>	<b>\$ 3,524,446,395</b>	<b>\$ 3,729,625,449</b>	<b>\$ 3,946,704,887</b>
<b>Flujo operacional</b>		<b>\$ 3,147,215,671</b>	<b>\$ 3,330,515,343</b>	<b>\$ 3,524,446,395</b>	<b>\$ 3,729,625,449</b>	<b>\$ 3,946,704,887</b>
Inversión Fija	-\$ 919,540					
Flujo de capital	-\$ 919,540					
<b>Flujo de caja privado</b>	<b>-\$ 919,540</b>	<b>\$ 3,147,215,671</b>	<b>\$ 3,330,515,343</b>	<b>\$ 3,524,446,395</b>	<b>\$ 3,729,625,449</b>	<b>\$ 3,946,704,887</b>

Con proyecto (pesimista)						
Años	0	1	2	3	4	5
Ingresos anuales por venta		\$ 4,091,901,450	\$ 4,091,901,450	\$ 4,091,901,450	\$ 4,091,901,450	\$ 4,091,901,450
Costos anuales fijos		-\$ 17,977,390	-\$ 17,977,390	-\$ 17,977,390	-\$ 17,977,390	-\$ 17,977,390
<b>Utilidad Antes de Impuestos</b>		<b>\$ 4,073,924,060</b>	<b>\$ 4,073,924,060</b>	<b>\$ 4,073,924,060</b>	<b>\$ 4,073,924,060</b>	<b>\$ 4,073,924,060</b>
Impuesto a la renta		-\$ 1,099,959,496	-\$ 1,099,959,496	-\$ 1,099,959,496	-\$ 1,099,959,496	-\$ 1,099,959,496
<b>Utilidad Después de Impuestos</b>		<b>\$ 2,973,964,564</b>	<b>\$ 2,973,964,564</b>	<b>\$ 2,973,964,564</b>	<b>\$ 2,973,964,564</b>	<b>\$ 2,973,964,564</b>
<b>Flujo operacional</b>		<b>\$ 2,973,964,564</b>	<b>\$ 2,973,964,564</b>	<b>\$ 2,973,964,564</b>	<b>\$ 2,973,964,564</b>	<b>\$ 2,973,964,564</b>
Inversión Fija	-\$ 919,540					
Flujo de capital	-\$ 919,540					
<b>Flujo de caja privado</b>	<b>-\$ 919,540</b>	<b>\$ 2,973,964,564</b>	<b>\$ 2,973,964,564</b>	<b>\$ 2,973,964,564</b>	<b>\$ 2,973,964,564</b>	<b>\$ 2,973,964,564</b>

Y por último, los flujos de caja referentes a la problemática dos, con las mismas tres situaciones que se comentaron en la evaluación económica.

Sin proyecto						
Años	0	1	2	3	4	5
Ingresos anuales por venta		\$ 606,476,279	\$ 606,476,279	\$ 606,476,279	\$ 606,476,279	\$ 606,476,279
Costos anuales fijos		-\$ 165,339,816	-\$ 165,339,816	-\$ 165,339,816	-\$ 165,339,816	-\$ 165,339,816
<b>Utilidad Antes de Impuestos</b>		<b>\$ 441,136,463</b>	<b>\$ 441,136,463</b>	<b>\$ 441,136,463</b>	<b>\$ 441,136,463</b>	<b>\$ 441,136,463</b>
Impuesto a la renta		-\$ 119,106,845	-\$ 119,106,845	-\$ 119,106,845	-\$ 119,106,845	-\$ 119,106,845
<b>Utilidad Después de Impuestos</b>		<b>\$ 322,029,618</b>	<b>\$ 322,029,618</b>	<b>\$ 322,029,618</b>	<b>\$ 322,029,618</b>	<b>\$ 322,029,618</b>
<b>Flujo operacional</b>		<b>\$ 322,029,618</b>	<b>\$ 322,029,618</b>	<b>\$ 322,029,618</b>	<b>\$ 322,029,618</b>	<b>\$ 322,029,618</b>
Inversión Fija						
Flujo de capital						
<b>Flujo de caja privado</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ 322,029,618</b>	<b>\$ 322,029,618</b>	<b>\$ 322,029,618</b>	<b>\$ 322,029,618</b>	<b>\$ 322,029,618</b>

Con proyecto (optimista)						
Años	0	1	2	3	4	5
Ingresos anuales por venta		\$ 629,326,870	\$ 653,133,044	\$ 677,939,132	\$ 703,791,704	\$ 730,739,689
Costos anuales fijos		-\$ 183,354,906	-\$ 198,771,506	-\$ 215,729,765	-\$ 234,383,851	-\$ 254,903,344
<b>Utilidad Antes de Impuestos</b>		<b>\$ 445,971,964</b>	<b>\$ 454,361,538</b>	<b>\$ 462,209,367</b>	<b>\$ 469,407,854</b>	<b>\$ 475,836,345</b>
Impuesto a la renta		-\$ 120,412,430	-\$ 122,677,615	-\$ 124,796,529	-\$ 126,740,121	-\$ 128,475,813
<b>Utilidad Después de Impuestos</b>		<b>\$ 325,559,533</b>	<b>\$ 331,683,923</b>	<b>\$ 337,412,838</b>	<b>\$ 342,667,733</b>	<b>\$ 347,360,532</b>
<b>Flujo operacional</b>		<b>\$ 325,559,533</b>	<b>\$ 331,683,923</b>	<b>\$ 337,412,838</b>	<b>\$ 342,667,733</b>	<b>\$ 347,360,532</b>
Inversión Fija	-\$ 8,080,460					
Flujo de capital	-\$ 8,080,460					
<b>Flujo de caja privado</b>	<b>-\$ 8,080,460</b>	<b>\$ 325,559,533</b>	<b>\$ 331,683,923</b>	<b>\$ 337,412,838</b>	<b>\$ 342,667,733</b>	<b>\$ 347,360,532</b>

Con proyecto (pesimista)						
Años	0	1	2	3	4	5
Ingresos anuales por venta		\$ 606,476,279	\$ 606,476,279	\$ 606,476,279	\$ 606,476,279	\$ 606,476,279
Costos anuales fijos		-\$ 169,339,816	-\$ 169,339,816	-\$ 169,339,816	-\$ 169,339,816	-\$ 169,339,816
<b>Utilidad Antes de Impuestos</b>		<b>\$ 437,136,463</b>	<b>\$ 437,136,463</b>	<b>\$ 437,136,463</b>	<b>\$ 437,136,463</b>	<b>\$ 437,136,463</b>
Impuesto a la renta		-\$ 118,026,845	-\$ 118,026,845	-\$ 118,026,845	-\$ 118,026,845	-\$ 118,026,845
<b>Utilidad Después de Impuestos</b>		<b>\$ 319,109,618</b>	<b>\$ 319,109,618</b>	<b>\$ 319,109,618</b>	<b>\$ 319,109,618</b>	<b>\$ 319,109,618</b>
<b>Flujo operacional</b>		<b>\$ 319,109,618</b>	<b>\$ 319,109,618</b>	<b>\$ 319,109,618</b>	<b>\$ 319,109,618</b>	<b>\$ 319,109,618</b>
Inversión Fija	-\$ 8,080,460					
Flujo de capital	-\$ 8,080,460					
<b>Flujo de caja privado</b>	<b>-\$ 8,080,460</b>	<b>\$ 319,109,618</b>	<b>\$ 319,109,618</b>	<b>\$ 319,109,618</b>	<b>\$ 319,109,618</b>	<b>\$ 319,109,618</b>

## 12. Carta Gantt de la planificación del proyecto, incluye todas las etapas y tareas

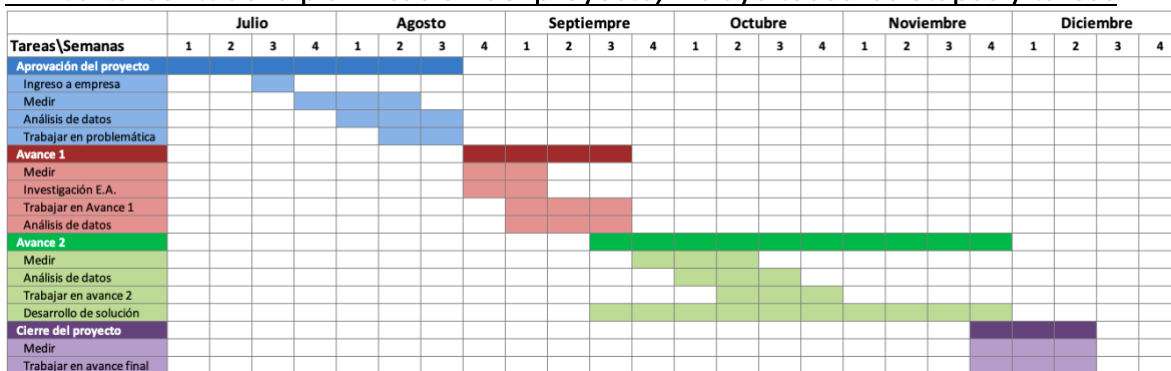


Figura 19: Carta Gantt general del desarrollo del proyecto.<sup>56</sup>

Respecto a la planificación del proyecto, y como se mencionó en el inciso correspondiente, no se contó con mayores atrasos, por lo que se cumplió a cabalidad la herramienta.

<sup>56</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto.

### 13. Código VBA de macro utilizada en Pronóstico pastas.xlsm

```
Sub Iniciar_analisis()
' Iniciar_analisis Macro
'
ActiveWindow.SmallScroll Down:=0
Sheets("Data").Select
Cells.Select
Cells.EntireColumn.AutoFit
Range("A1:L1").Select
With Selection.Interior
    .Pattern = xlSolid
    .PatternColorIndex = xlAutomatic
    .Color = 5425501
    .TintAndShade = 0
    .PatternTintAndShade = 0
End With
Selection.Font.Bold = False
Selection.Font.Bold = True
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle = xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle = xlNone
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
    .LineStyle = xlContinuous
    .ThemeColor = 2
    .TintAndShade = 0
    .Weight = xlMedium
End With
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
    .LineStyle = xlContinuous
    .ThemeColor = 2
    .TintAndShade = 0
    .Weight = xlMedium
End With
With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
    .LineStyle = xlContinuous
    .ThemeColor = 2
    .TintAndShade = 0
    .Weight = xlMedium
End With
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
    .LineStyle = xlContinuous
    .ThemeColor = 2
    .TintAndShade = 0
    .Weight = xlMedium
End With
With Selection.Borders(xlInsideVertical)
    .LineStyle = xlContinuous
    .ThemeColor = 2
    .TintAndShade = 0
    .Weight = xlMedium
End With
With Selection.Borders(xlInsideHorizontal)
    .LineStyle = xlContinuous
    .ThemeColor = 2
    .TintAndShade = 0
    .Weight = xlMedium
End With
Sheets("Inputs").Select
ActiveSheet.PivotTables("TablaDinámica13").PivotCache.Refresh
Sheets("Inputs 2").Select
ActiveSheet.PivotTables("TablaDinámica5").PivotCache.Refresh
Sheets("Inputs 2").Select
ActiveWindow.SelectedSheets.Visible = False
Sheets("Inputs").Select
ActiveWindow.SelectedSheets.Visible = False
Sheets("Iniciar").Select
Range("A1").Select
End Sub
```

Imagen 13: Código VBA Excel de Macro que actualiza la información de la plantilla.<sup>57</sup>

<sup>57</sup> Agustín Guerrero, 2023. Desarrollo del proyecto.