



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

REDISEÑO DE PROCESO DE LA PRODUCCION Y VENTA DE CECINAS EN AGROSUPER, BASADO EN HERRAMIENTAS DE OPTIMIZACIÓN Y VISUALIZACIÓN DE DATOS

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

MARTIN FERNANDO NÚÑEZ CABEZAS

PROFESOR GUÍA:
ROCÍO RUIZ MORENO

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
MARÍA JOSÉ CONTRERAS ÁGUILA
FELIPE VILDOSO CASTILLO

SANTIAGO DE CHILE
2021

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR
AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL
POR: **MARTÍN FERNARDO NÚÑEZ CABEZAS**
FECHA: 30 de septiembre 2021
PROF. GUÍA: Rocío Ruiz Moreno

REDISEÑO DEL PROCESO DE PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CECINAS EN AGROSUPER, BASADA EN HERRAMIENTAS DE OPTIMIZACIÓN Y VISUALIZACIÓN DE DATOS.

Agrosuper es una organización perteneciente a la Agroindustria, específicamente se dedica a la producción, distribución y comercialización de alimentos frescos y congelados que en su mayoría tienen origen animal. Este trabajo de título se realizó en la Subgerencia de Planificación Industrial, enfocada en gestionar la planificación de la producción de todos los productos comercializados y producidos por la organización.

Uno de los negocios en los que actualmente compite Agrosuper es el de las cecinas. A diferencia de lo que ocurre en pollo, pavo y cerdo donde la empresa es líder en el mercado nacional con cerca de 50% de la participación, en cecinas el *market share* es cercano al 10%. Para entender por qué ocurre esto, se realizó una revisión del proceso de planificación de cecinas, desde que se consolida la demanda de las sucursales hasta que se realiza la planificación de la producción de los productos en las dos plantas que elaboran este tipo de alimentos.

Gracias al estudio realizado, fue posible detectar una serie de problemas a la hora de planificar la producción, entre las que destaca la brecha de información que existe entre las plantas productivas y la cadena de suministro, lo que a su vez genera una serie de ineficiencias dentro de flujo. Mediante un rediseño del proceso se generó un nuevo proceso que presenta una mayor integración de la información y también habilidades esenciales dentro de la cadena de suministro como es la simulación de distintos escenarios productivos.

Luego de realizar la propuesta, se realiza una evaluación del rediseño mediante el desarrollo e implementación de una herramienta que realice el proceso de planificación de productiva de ambas plantas de cecinas. Los resultados de estudio permitieron en primer lugar demostrar la factibilidad de automatizar este proceso y en segunda instancia hacer una estimación de la capacidad ociosa, la que alcanza el orden de las veintidós mil toneladas anuales.

Finalmente, el rediseño propuesto para aumentar la integración y eficiencia en la planificación de la producción se revela como un aporte beneficioso gracias a la capacidad de disminuir los tiempos de planificación de la producción, asegurar la producción más rentable para el negocio y dándole una mayor visibilidad a las oportunidades de crecimiento desde el punto de vista productivo.

*De nada sirve cruzar todo el río nadando,
Sí me ahogo a la orilla*

Agradecimientos

Es importante reconocer a todas las personas que me ayudaron a culminar el bello proceso que fue estudiar en la universidad.

En primer lugar, agradecer a mis papás, quienes con todo su amor me apoyaron y educaron para convertirme en un buen estudiante, pero por sobre todo en una buena persona.

Agradecer a mis hermanos, quienes a me escucharon, apoyaron y en muchos momentos me inspiraron.

A mis amigos, con quienes compartí increíbles momentos, pero también estuvieron ahí en los momentos de duda o cuando ya no quería seguir estudiando.

A los profesores, quienes muchas veces

Finalmente agradecer a mis compañeros de universidad, de quienes aprendí demasiado, con quienes compartí en los distintos cursos o en instancias como lo fue el CEIN o la Comunidad Internacional.

Muchas gracias a todos por darme tantos años de alegría y aprendizaje.

Tabla de Contenido

Agradecimientos	iii
1.Introducción	1
1.1 Contexto	1
1.2 Descripción general de la empresa.....	1
1.3 Caracterización del Área	2
1.3.2 Actores	2
1.3.3 Jefaturas.....	2
1.3.4 Planificación Industrial procesados.....	3
1.4 Oportunidad detectada.....	4
1.4.1 Mercado de cecinas	4
1.4.2 Capacidades.....	5
1.4.3 Síntesis y justificación.....	5
1.5 Descripción del proyecto.....	6
1.6 Objetivos	6
1.7 Metodología	7
1.8 Alcances	9
2. Marco Conceptual	10
2.1 Producción de cecinas	10
2.1.1 Cecinas	10
2.1.2 Tipos de Cecinas	10
2.1.3 Producción de cecinas	11
2.2 Conceptos del proyecto	11
2.3 Marco conceptual de la metodología.....	12
2.3.1 Rediseño de procesos	12
2.3.2 Cadena de suministro	15
2.3.3 Ciclo S&OP.....	15
2.3.4 Industrial Business Planning	16
2.3.5 Planificación de la producción	17
2.3.6 Programación Lineal	19
2.3.7 Supply Chain Management (SCM)	19
3.Análisis de la situación Actual	22
3.1 Proceso de planificación Agrosuper.....	22

3.1.1 Presupuesto Anual.....	22
3.1.2 Ciclo S&OP Agrosuper.....	23
3.1.3 Proceso de planificación cadena de suministro.....	24
3.2 Inputs productivos y balance.....	25
3.3 Planificación producción y validación productiva.....	27
3.3.1 Flujo del proceso.....	28
3.3.2 Descripción del proceso.....	28
3.3.3 Soporte del proceso y tiempos del proceso.....	29
3.3.4 Sistema de control del proceso.....	30
3.4 Definición de brechas.....	31
3.4.1 Brechas del proceso.....	31
3.4.2 Conclusiones del proceso actual.....	33
4. Rediseño del proceso.....	34
4.1 Brechas abordadas.....	34
4.2 Flujo del nuevo proceso.....	34
4.3 Descripción del nuevo proceso.....	35
4.4 Soporte del nuevo proceso.....	35
4.4.1 Elección de herramienta.....	36
4.4.2 Tiempos y responsables.....	38
4.4.3 Sistema de control.....	39
5. Implementación y análisis del piloto.....	40
5.1 Levantamiento de la información productiva.....	41
5.2 Modelamiento del problema.....	42
5.2.1 Problema y función objetivo a modelar.....	43
5.2.2 Variables de Decisión.....	44
5.2.3 Restricciones.....	44
5.2.4 Elementos para priorizar.....	46
5.2.5 Modelo Final.....	47
5.3 Desarrollo del modelo (MVP).....	50
5.3.1 Preparación de datos.....	50
5.3.2 Desarrollo del modelo.....	52
5.3.3 Uso y desarrollo MVP.....	52
5.4 Análisis de resultados.....	54

6.4.1 Producción mensual	54
5.4.2 Stock diario	55
5.4.3 Capacidad cuellos de botella	55
5.4.4 Tiempos de planificación	56
5.4.5 Análisis final	56
5.5 Estimación de capacidad productiva y balance con metas comerciales	57
6.Plan de implementación	60
6.1 Sentido de urgencia	60
6.2 Lideres	61
6.3 Visión y comunicación.....	62
6.4 Preparar la tierra	63
6.5 Implementación de la SAP-IBP	64
6.6 Consolidación del modelo	64
6.7 Observaciones finales plan de implementación	65
7.Evaluación del proyecto.....	67
7.1 Beneficios.....	67
7.1.1 Aumento de las ventas.....	68
7.2 Costos.....	68
7.3 Flujo de caja	69
7.4 Discusión.....	70
7.5 Trabajo Futuro.....	72
8.Conclusiones	74
9. Bibliografía	76
Anexo	79
A.2 Análisis de la situación actual	79
A.4 Diagramas de flujos.....	82
A.6.3 Cantidad de variables del modelo	84
A.8 Productos con oportunidad de crecimiento	85

Índice de tablas

Tabla 1. Tipos de cecinas, Fuente ANIC	10
Tabla 2. Resumen de tiempos del proceso, elaboración propia	30
Tabla 3. Productos con Demanda muy baja. Elaboración propia	31
Tabla 4. Resumen de brechas del proceso. Elaboración propia	33
Tabla 5, Resumen análisis de herramienta. Fuente (G2, 2021).....	37
Tabla 6. Resumen de tiempos del nuevo proceso. Elaboración propia	38
Tabla 7. Resumen proceso Productivo Jamones G2 EAD. Elaboración propia	42
Tabla 8. Resumen de bases datos. Elaboración propia	52
Tabla 9. Resultados de simulación de capacidad. Elaboración propia.....	58
Tabla 10. Análisis Capacidad 2020. Elaboración propia	58
Tabla 11. Participación de Mercado Agrosuper. Elaboración Propia en Base a reporte integrado (Agrosuper, 2021).....	60
Tabla 12. Oportunidades de crecimiento. Elaboración propia	61
Tabla 13. Resumen de beneficios. Elaboración propia	68
Tabla 14.Crecimiento de productos con buen rendimiento. Elaboración propia.....	68
Tabla 15. Costos de Inversión. Elaboración propia	69
Tabla 16. Costos operacionales anuales. Elaboración propia	69
Tabla 17. Flujo de Caja del Proyecto. Elaboración Propia	70
Tabla 18. Análisis de sensibilidad VAN. Elaboración Propia.....	71
Tabla 19. Análisis de Sensibilidad TIR. Elaboración Propia	71
Tabla 20. Volumen de proyecciones. Elaboración propia.....	72
Tabla 21. Extracto del Plan comercial original Abril-Mayo-Junio.....	79
Tabla 22. Metas comercial cecinas 2021, canal Supermercados. Fuente: Reunión S&O mayos procesados	85

Índice de figuras

Figura 1. Jefaturas Planificación Industrial. Elaboración Propia	3
Figura 2. Organigrama planificación Industrial Procesados. Elaboración propia	4
Figura 3. Producción de cecinas anual. Fuente: ANIC	5
Figura 4. Proceso productivo Cecinas. Elaboración Propia	11
Figura 5 The Bussines Process Pyramid., elabora a partir de P.Harmon	14
Figura 6. Metodología BPC. Elaboración propia en base a Javidroozi	15
Figura 7 Ciclo S&OP, Elaboración propia	16
Figura 8. IBP Stages, elaboración propia a partir de Wight	17
Figura 9. Forma canónica MILP. Elaborado a partir de Gurobi.com	19
Figura 10. Ciclo S&OP Agrosuper. Elaboración propia	23
Figura 11. Proceso de planificación Cadena de Suministro. Elaboración propia	24
Figura 12. BPMN Inputs productivos y balance. Elaboración Propia	26
Figura 13. BPMN planificación de la producción y validación	28
Figura 14. BPMN propuesta de rediseño. Elaboración propia	35
Figura 15. Resumen del Piloto. Elaboración Propia	41
Figura 16. Histograma Stock óptimo. Fuente: Planificación Industrial Cecinas Agrosuper	43
Figura 17. Proyección Stock Meta. Fuente Planificación Industrial Agrosuper	44
Figura 18. Histograma tamaño de batch. Fuente: Planificación Industrial Agrosuper	45
Figura 19. Extracto de maestro materiales planta EAD. Elaboración propia	51
Figura 20. Extracto de base de capacidad cuellos de botella EAD. Elaboración propia	51
Figura 21. evolución de soluciones a través del tiempo. Elaboración propia	54
Figura 22. Comparación de planes. Elaboración Propia	55
Figura 23. Proyección de Stock. Elaboración Propia	55
Figura 24. Uso desmolde. Elaboración Propia	56
Figura 25. Coalición del proyecto. Elaboración propia	62
Figura 26. Fases del plan de implementación. Elaboración propia	66
Figura 27. Diagrama de Flujo Jamones G3 EAD	82
Figura 28. Diagrama de Jamones G3(Original)	83
Figura 29. Modelo EAD. Fuente: Gurobi	84
Figura 30. Modelo Sopraval. Fuente Gurobi	84
Figura 31. Longanicillas. Fuente: Tottus	85
Figura 32. Pechuga de Pavo. Fuente: Lider	85
Figura 33. Parrillero Masivo. Fuente : Lider	86
Figura 34. Jamón de Pavo. Fuente: Lider	86

1.Introducción

1.1 Contexto

Hoy en día, el mayor desafío al que se ven enfrentadas las empresas nacionales que ofrecen productos de carácter alimenticio a gran escala es la administración óptima de los recursos disponibles, con el fin de asegurar la rentabilidad estratégica de la producción y comercialización de estos (Tomben et al., 2016). Los recursos corresponden a productos, medios de transporte, fuerza de venta, plantas productivas entre otros.

En particular, uno de los principales recursos que tienen que administrar las organizaciones son los relacionados a la parte productiva de la compañía, estos son la dotación de trabajadores, máquinas, insumos, materias primas entre otros. La capacidad de tener una cadena logística robusta es esencial para competir en un mercado cada vez más demandante y conectado al consumidor, es por esto que se hace sumamente necesario una mayor integración de la cadena de suministro de la organización (Retail, 2021).

Un elemento clave dentro este circuito son las plantas productivas, es sumamente importante tener la mayor cantidad de información posible a la hora de tomar la decisión sobre que producir y que no. Poder incorporar modelos analíticos y basados en datos a la hora de planificar la producción permitirá a reducir costos operacionales, mejorar a las ventas y de esa forma seguir siendo un actor competitivo (Michigan State University, 2020).

1.2 Descripción general de la empresa

La presente investigación fue desarrollada en Agrosuper, empresa que forma parte del sector agroindustrial, con presencia y operaciones en todo el territorio nacional y en el extranjero. Esta empresa pertenece al Holding *Matriz Agrosuper* y está especializada en la producción y comercialización de alimentos de pollo, cerdo, pavo, procesados y algunos productos congelados. La comercialización se realiza bajo 6 marcas principalmente: *Super Pollo, La Crianza, Súper Beef, Super Cerdo, King y Sopraval*. En el año 2020, según las cifras publicadas en la memoria anual de la empresa las ventas de Agrosuper fueron cercanas a los 2.400 MM de dólares [USD].

Con un alto grado de especialización en sector avícola y de cerdo, Agrosuper se caracteriza por tener un modelo de integración vertical, que abarca desde la fabricación del alimento para los animales, la crianza de cerdo y aves, plantas de procesos, centros de distribución y oficinas comerciales en gran parte del territorio nacional y en 4 de los 5 continentes. Esto le ha permitido a Agrosuper tener un crecimiento sostenido en los últimos años dentro del rubro, tanto a nivel nacional como en exportaciones.

Específicamente dentro del mercado nacional Agrosuper es el líder en la producción y comercialización de productos para el consumo humano, siendo el principal competidor en

cerdo con un 52,6% de participación, en pollo con el 55,7% y también en pavos con un 61,5%. Los volúmenes de producción son del orden de las 963.000 toneladas anuales según la elaboración del año 2020, donde pollo y cerdo concentran la mayor cantidad de fabricación con 452 y 406 mil toneladas respectivamente.

1.3 Caracterización del Área

Este trabajo de título fue originado y realizado en la Subgerencia de Planificación Industrial que es parte de la Gerencia de Cadena de Suministro, ubicada en las oficinas centrales de la empresa en la comuna de Rancagua. Esta Subgerencia tiene como principal objetivo realizar la planificación productiva de todos los productos que elabora y comercializa la organización.

Además, la subgerencia busca ser el punto de conexión entre el mundo industrial formado por las plantas productivas y el resto de la cadena la cadena de valor, principalmente mediante el balance entre la demanda y la oferta o producción.

1.3.2 Actores

Esta subgerencia trabaja de forma directa con las subgerencias de S&OP (Ventas y Operaciones) y de Abastecimiento o Logística, ambas pertenecientes a la Cadena de Suministros. Además, tiene relación directa con las 5 plantas productivas y con el área de Negocios.

- Subgerencia S&OP: área encargada de consolidar toda la demanda de las distintas sucursales y clientes mediante la creación de los planes de venta o comerciales para los meses siguientes.
- Logística y abastecimiento: subgerencia encargada de realizar y gestionar el transporte de los productos terminados desde las plantas productivas hacia los centros de distribución, sucursales y clientes.
- Plantas productivas: las plantas productivas o de proceso corresponden a 5 centros productivos, donde se concentra la elaboración de la mayoría de los productos de la compañía. En estos lugares se realiza todo el proceso de faena del animal, desposte y posterior tratamiento para finalmente realizar el empacado y de esa forma obtener el producto listo para la comercialización.
- Negocios: el área de negocios es la encargada de ejecutar la estrategia comercial de la organización, siendo el principal nexo entre la cadena de suministro y el área comercial de la compañía.

1.3.3 Jefaturas

Dentro de la subgerencia de Planificación industrial trabajan 25 personas, estas se dividen en 4 jefaturas y son lideradas por el Subgerente de Planificación Industrial Renato Caris, en la figura 1 se encuentra el detalle de las jefaturas.

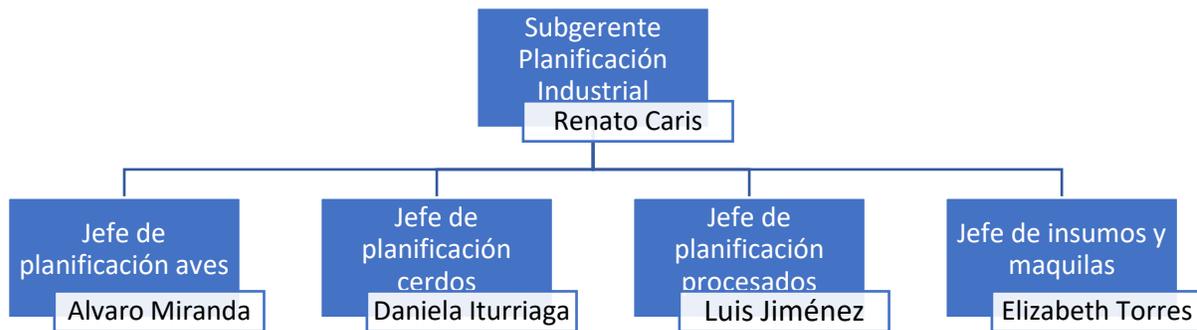


Figura 1. Jefaturas Planificación Industrial. Elaboración Propia

Tanto la jefatura de planificación de cerdos como de aves (pavo y pollo) tienen como principal objetivo satisfacer en mayor medida el plan comercial, mediante la planificación de la producción de los productos terminados que provienen de sus respectivos animales. El jefe de planificación de procesados tiene la misma labor, pero con productos correspondiente a la categoría de cecinas y elaborados, estos son alimentos que tienen generalmente proteína de origen animal como materia prima. Finalmente, la jefatura insumos y maquilas tiene que velar en primer lugar, por la disponibilidad de todos los insumos necesarios para la elaboración en las distintas plantas de Agrosuper, además tiene que coordinar los proveedores de Agrosuper que prestan algún tipo de servicio productivo dentro del proceso productivo o que realizan la elaboración completa de algún producto.

1.3.4 Planificación Industrial procesados

La jefatura en específico en la que se realizó este trabajo de título fue la de planificación de procesados. El área está compuesta por 4 personas y es liderada por Luis Jiménez, el equipo completo se encuentra en la figura 2. Este es formado en primer lugar por el ingeniero de materias primas, quien es el encargado de gestionar la disponibilidad de materia prima necesaria para la producción de cecinas y elaborados en las plantas productivas. También está el ingeniero de cecinas, quien es el encargado de planificar la producción de cecinas en la planta de EAD y en la planta Sopraval. Finalmente se encuentra el ingeniero de elaborados quien planifica la elaboración de este tipo de productos en la planta de San Vicente.

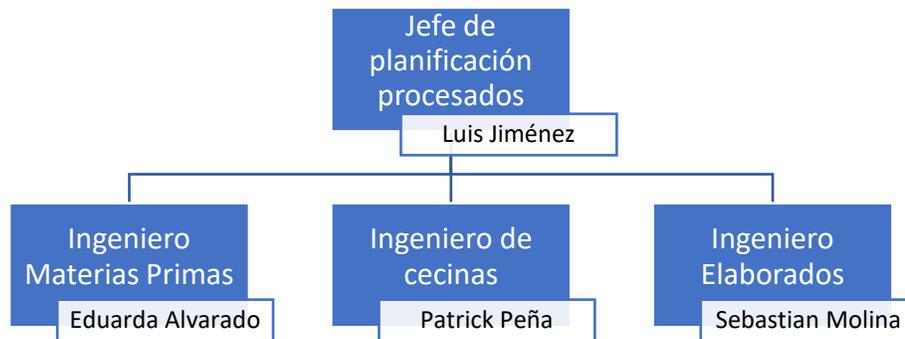


Figura 2. Organigrama planificación Industrial Procesados. Elaboración propia

1.4 Oportunidad detectada

La oportunidad o espacio de mejora que enfrenta este trabajo de título consiste en reconocer si el proceso de planificación actual de cecinas responde a los requerimientos actuales del mercado y a las capacidades que hoy en día tienen la organización para producir cecinas.

Para visualizar de mejor manera cuál es la oportunidad que abarca este trabajo es importante en primer lugar dar un breve contexto del mercado de cecinas en la actualidad, luego se presentará una revisión preliminar de las capacidades de la planta y finalmente el detalle de la oportunidad que motivó inicialmente este trabajo de memoria.

1.4.1 Mercado de cecinas

A diferencia de lo que ocurre en cerdo, pollo y pavo dentro del mercado de cecinas Agrosuper es un actor secundario. Con un volumen cercano a las 30.000 toneladas anuales la compañía tiene una participación del cercano al 11%, quedando por debajo de CIAL Alimentos y Productos Fernández (PF) quienes en conjunto concentran más del 40% de la producción.

Sumado a lo anterior el mercado de cecinas ha crecido cerca de 30% en los últimos 15 años según los estudios realizados por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) junto con la Asociación Nacional de Productores de Cecinas (ANIC). La gran diversidad de productos que se comercializan junto a la gran cantidad de productores de cecinas que hay en la actualidad permiten definir al mercado de cecinas como competitivo y con oportunidades de crecimiento. En la figura 3 se puede apreciar el crecimiento anual que ha tenido este mercado.

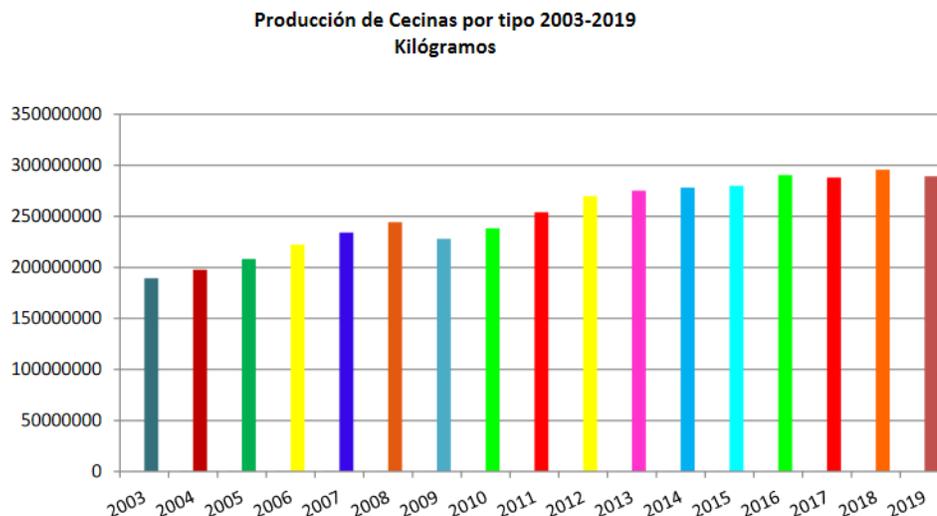


Figura 3. Producción de cecinas anual. Fuente: ANIC

1.4.2 Capacidades

Viendo la posibilidad de crecer en el mercado de cecinas la siguiente pregunta que surge es si existe la capacidad productiva suficiente para apalancar dicho incremento. Desde el punto de vista orgánico la respuesta es que si, Agrosuper tiene la capacidad financiera y experiencia de manejar volúmenes mucho mayores a los que hoy en día maneja en cecinas (ej: volumen de cerdo y pollo).

Desde el punto de vista productivo la respuesta no es tan clara, actualmente la organización no cuenta con un indicador que permita ver el grado de utilización de sus capacidades productivas. Sin embargo, una breve investigación basada en entrevistas al planificador de cecinas y a los jefes de las plantas productivas dan una estimación de que actualmente Agrosuper trabaja entre un 70 y 80% de sus capacidades en cecinas. En síntesis, si bien no sé conoce con exactitud la capacidad ociosa se estima que hay posibilidad de crecer entre un 20 y 30% la producción.

1.4.3 Síntesis y justificación

Al ver la situación de Agrosuper dentro del mercado de cecinas y las capacidades productivas ociosas surgen dos preguntas: ¿Por qué si Agrosuper puede crecer no lo ha hecho aún? y ¿Cuál es el beneficio económico que Agrosuper no está aprovechando?

Uno de los objetivos de este trabajo es responder a estas dos preguntas con la mayor exactitud posible, en base a la investigación inicial por qué Agrosuper no aprovecha al máximo sus capacidades es en parte porque a lo largo del proceso de planificación de la venta no sé toman en cuenta la información que viene desde el área productiva.

En relación con cuál es monto económico que Agrosuper no está recibiendo, una estimación preliminar suponiendo un 10% extra de producción anual lo que equivale a 2600 toneladas más de producción tendría un retorno aproximado de 1.8 millones de dólares [USD]. Es decir,

si Agrosuper logra producir un 10% por más de lo que realizó el año 2020 podría recibir de ganancia cerca de dos millones de dólares extras cada año.¹

$$\text{Oportunidad de crecimiento} = \text{producción extra [kg]} * \text{margen} \left[\frac{\text{USD}}{\text{kg}} \right]$$

$$\text{Oportunidad de crecimiento} = 2.600.0000 \text{ [kg]} * 0,7 \left[\frac{\text{USD}}{\text{kg}} \right]$$

$$\text{Oportunidad de crecimiento} = 1.820.000[\text{USD}]$$

La última y más importante pregunta que busca responder este trabajo es, como poder aprovechar y/o darles visibilidad a las oportunidades de crecimiento en el mercado de cecinas.

1.5 Descripción del proyecto

En un mercado sumamente competitivo en donde todas las empresas buscan mejorar sus procesos, es muy importante tener una cultura de mejora continua que le permita a las organizaciones no quedarse atrás. Uno de los puntos más importantes a mejorar es la eficiencia en el uso de los recursos disponibles. En particular, uno de los recursos claves en empresas productoras de bienes, es la utilización con el mayor grado de eficiencia de su capacidad productiva, tanto a nivel de personas como de equipos e infraestructura.

El avance de la tecnología ha permitido generar una serie de herramientas disponibles en el mercado que facilitan en gran medida el proceso de asignación de recursos limitados a distintas tareas dentro de una organización. Sin embargo, no basta con la adquisición de una herramienta para que esta labor se realice de manera óptima, sino que es necesario diseñar un proceso robusto y que utilice la mayor cantidad de información disponible. En particular Agrosuper aún no ha logrado desarrollar un proceso de este estilo.

Este trabajo de título pretender aportar a la transformación digital y desarrollo competitivo de la empresa, por medio de un estudio transversal de sus procesos, una propuesta de rediseño y una experiencia de prueba en un ambiente controlado acerca de un proceso que se realiza en el área de estudio. Esto es con el objetivo de generar valor potencial al proceso, y poder capturar en primera instancia el valor que entregan las nuevas tecnologías y en segundo los recursos productivos con los que cuenta Agrosuper.

Por lo mismo, el beneficiario directo del trabajo de título es Subgerencia de Planificación Industrial.

1.6 Objetivos

General

¹ Para este cálculo se utilizó la ganancia promedio de un kilo de cecinas durante los meses de enero y febrero de 2021 que es de 0.7 dólares por kilo de producción.

Generar una propuesta de rediseño del proceso de planificación de la producción de cecinas que disminuya los tiempos requeridos en esta labor y que asegure que la producción planificada es la más rentable para la compañía.

Específicos

1. Levantar el estado actual del proceso de planificación de venta y producción de cecinas en Agrosuper.
2. Diseñar un proceso que considere todas las capacidades productivas de Agrosuper y que permita darles visibilidad a las oportunidades de crecimiento en cecinas.
3. Diseñar e implementar un piloto que acorte las brechas entre el proceso inicial y el propuesto, basado en el desarrollo de una herramienta que automatice la planificación de la producción.
4. Estimar el impacto de la implementación del rediseño proceso.
5. Generar un plan para la parte final del nuevo proceso de planificación de la venta y producción de cecinas en Agrosuper.

1.7 Metodología

En esta sección se hace una descripción de las principales actividades que permitirán recabar la información necesaria para cumplir con los objetivos planteados en la presente investigación dentro de los plazos establecidos. Las etapas definidas para esta misión fueron las siguientes:

1. Definición y conceptos proceso principal

La primera actividad dentro de la investigación es entender cuál es el proceso y que se va a revisar de él, reconocer cual es la relevancia de este dentro de la organización y por sobre todo definir cuál es el objetivo que tiene el proyecto en general.

El método que más se utilizó en esta etapa es la revisión bibliográfica y las entrevistas, gran parte de los resultados obtenidos en esta parte se pueden revisar en el marco conceptual.

2. Análisis de situación actual

Una vez entendido cual es el contexto y objetivo del proceso de planificación de producción y venta de cecinas viene el componente analítico. Para esto en primer lugar se realiza el levantamiento de proceso, este consiste en la revisión detallada del proceso en 5 componentes principales:

- Proceso: detallar cuales son las actividades dentro del proceso de planificación de producción y venta de cecinas, realizar el diagrama BPMN, levantar cuales son los tiempos de las actividades principales y que decisiones se toman durante todo el trayecto.
- Información: Comprender y diagramar cuales son los flujos de información a lo largo del proceso, entender cuál es la información utilizada para la toma de decisiones y cuales es la información que está disponible dentro del sistema.
- Herramientas: Levantar cuales son las herramientas disponibles y utilizadas a lo largo del proceso

- Roles y responsabilidades: Levantar cuales son los actores dentro del proceso y cuál es su papel y responsabilidad.
- Control: Levantar cuales son los indicadores de resultado del proceso y como se evalúa el desempeño de las distintas áreas, ver cuáles son los indicadores de proceso y finalmente como se realiza seguimiento a las desviaciones dentro de los pronósticos realizados.

Luego de realizar el levantamiento detallado y estructurado en base a los 5 puntos mencionados anteriormente, se realiza un listado de “brechas” o puntos claves entre el proceso actual y lo que se espera que realice un proceso óptimo de planificación de venta y producción.

3. Diseño del nuevo proceso

Con las brechas seleccionadas la siguiente etapa es generar el diseño del nuevo proceso, para esto se considera la información levantada en el paso 2, la revisión bibliográfica generada en el paso 1 y se realiza una serie de entrevistas con los actores principales del proceso. Luego de esto se generó una propuesta para el diseño del nuevo proceso y que fue con las personas involucradas en el proceso.

La propuesta de rediseño incluye el uso de una herramienta que permita automatizar la planificación. La definición de los requerimientos de esta, la comparación de distintos productos disponibles en el mercado que satisfagan estos requerimientos y finalmente la selección de la herramienta a utilizar también se aborda en esta etapa.

Al ser un proceso tan complejo y transversal a la organización es recomendable hacer un piloto antes de la implementación, esté se diseñó una vez validada la propuesta de rediseño.

4. Análisis e implementación del piloto

La implementación del piloto busca validar hipótesis planteadas dentro del diseño del nuevo proceso y también recoger la mayor cantidad aprendizajes para la posterior puesta en marcha del rediseño.

El piloto fue un trabajo en conjunto entre los principales actores del proceso y el memorista, consta de 5 subetapas que son: levantamiento de las capacidades reales de las plantas, modelamiento de las plantas, desarrollo de un modelo que automatice la planificación de la producción, análisis de resultados y finalmente la estimación de la capacidad productiva.

5. Plan de implementación

Con toda la información recogida en las etapas anteriores y con la experiencia del piloto, se elaboró un plan de implementación para la propuesta de rediseño planteada. Este tuvo como objetivo principal ser una guía para la organización en la implementación del proceso diseñado.

6. Estimación del impacto del nuevo proceso

Con el objetivo de validar y darle un sustento a la propuesta de rediseño planteada a Agrosuper, se generó un reporte del impacto que tendría la implementación del

rediseño. En particular se abordó el tema a través de mejoras en eficiencia, integración de sistemas y gestión del conocimiento.

1.8 Alcances

El proceso de planificación de la venta y producción dentro de una empresa del tamaño de Agrosuper es una tarea muy compleja y que tiene una gran cantidad de etapas. Si bien se revisó todo el proceso, el foco de investigación será acotado a un conjunto de tareas en específicos que están relacionadas con la planificación de la producción de cecinas en un horizonte mensual. En particular, se trabajó en las etapas 2 y 3 del ciclo S&OP, ya que, estas son en las cuales se integra la información productiva con la comercial y se toma finalmente la decisión de que productos elaborar.

Desde el punto de vista de del rediseño de procesos, como se mencionó anteriormente este trabajo contempla un análisis de la situación actual, una propuesta de rediseño y la implementación de un piloto que permita validar las principales hipótesis utilizadas en el rediseño. La implementación del rediseño no es parte de este trabajo de título, principalmente debido a que esta etapa requiere de un tiempo y de recursos que están fuera de los solicitados para este trabajo. Sin embargo, si se contempla el desarrollo de un plan que oriente a Agrosuper a implementar el nuevo proceso considerando todos los aprendizajes recopilados en el presente trabajo.

En la relación a la tecnología que habilitará la implementación del nuevo proceso, se definirán cuáles son las principales funciones que se necesitan de ella, y se hará un breve estudio de mercado comparando 3 de los principales proveedores de este tipo de sistemas, según como satisfacen los requerimientos del nuevo proceso. Es importante mencionar que actualmente Agrosuper cuenta con una herramienta llamada SAP-IBP que permite planificar la producción, sin embargo, no está siendo utilizada. Por lo tanto, esta herramienta también será incluida en el análisis.

Con respecto a la recolección de datos para el análisis de la situación actual, el mayor volumen de información se concentró en los datos entregados por los distintos actores del proceso, la información que esta almacenada en los distintos sistemas de información que maneja Agrosuper y en las entrevistas realizadas a los involucrados. Por motivos sanitarios, no fue posible realizar visitas presenciales a las plantas productivas de cecinas.

Finalmente, en relación con el análisis del mercado de cecinas, el trabajo se concentró en definir a grandes rasgos cuál es le tamaño del mercado actual, cuál ha sido su crecimiento, quienes son los principales competidores y cual es la posición de Agrosuper en este mercado.

2. Marco Conceptual

Dentro de este capítulo se presenta la base teórica y metodológica del presente proyecto. Para este objetivo se analiza en primer lugar las principales particularidades que tiene el proceso elaboración de cecinas. Luego vienen una descripción acerca de conceptos propios de la organización Agrosuper, entender esto es vital para entender en su totalidad el proyecto. Finalmente se abordan los conceptos claves de la metodología presentada.

2.1 Producción de cecinas

2.1.1 Cecinas

La palabra cecina puede variar su definición según el contexto o país donde se utilice, según la RAE (Real Academia Española), cecina significa “*Carne salada, enjuta y seca al aire, al sol o al humo*”. Esta definición está más asociada a lo que se entiende en el contexto ibérico acerca de la palabra, si bien Chile esta hace sentido, la palabra cecina tiene un sentido más amplio y se entiende a las cecinas como un embutido de carne.

En particular, para la presente investigación se definió cecina según lo declarado por la Empresa “*Cecinas Llanquihue*” en su página web:

” La cecina consiste en tiras de carne cruda secada al sol, al aire o al humo, que en algunos casos emplea la sal para ser obtenida. En Chile suele llamarse “cecina” a varios tipos de productos como embutidos...”(Llanquihue, 2020)

2.1.2 Tipos de Cecinas

Considerando la definición presentada anteriormente sobre las cecinas, existen una gran variedad de este tipo de productos dentro del mercado chileno. Según lo declarado por la ANIC (Asociación Nacional de Productores de Cecinas) en su boletín anual del año 2019, los tipos de cecinas producidos en Chile es año fueron 15 (tabla 1). (INE,2021)

Tabla 1. Tipos de cecinas, Fuente ANIC

Tipos de cecinas
Salchichas (vienesas y gordas)
Longanizas, chorizos y choricillos
Salames y similares
Mortadelas y salchichón
Patés y pastas de jamón
Jamones (G1 y G2)
Fiambres de jamón
Hamburguesas
Quesos de cabeza y similares
Prietas
Perniles
Tocinos y pancetas
Arrollados
Carnes saladas y/o ahumadas
Pechuga de ave

A nivel nacional, como se puede apreciar en la tabla 1, las hamburguesas son parte de la clasificación de cecinas. En cambio, dentro de Agrosuper las hamburguesas tienen la clasificación de productos elaborados. Esto se debe a que la hamburguesa se fabrica en una planta distinta a del resto de los embutidos y tienen un proceso productivo bastante diferente a las otras cecinas.

En síntesis, para términos de esta investigación se definirán 14 tipos de cecinas según lo declarado por la ANIC y la exclusión que realiza Agrosuper de las hamburguesas sobre este tipo de producto.

2.1.3 Producción de cecinas

Como se mencionó anteriormente, la producción de cecinas es una tarea compleja. Para caracterizar y explicar este proceso, se utilizó como referencia los procesos productivos que actualmente se realizan en la planta de cecinas *Alimentos Doñihue* de la compañía Agrosuper. Esta información fue recogida mediante entrevistas con el jefe de la planta, revisión de documentación del Sistema Integrado de Gestión y de la plataforma SAP en el módulo BW (Business Warehouse).

Si bien cada tipo de cecina tiene un proceso productivo diferente, hay 5 etapas o subprocesos que la mayoría de estos productos realiza. Estos son: masajeo, reposo, embutido, cocción y envasado. Cada una de estas etapas se realiza en distintas máquinas o estaciones de trabajo, generalmente el paso entre una etapa y la siguiente se realiza a través de carros o grúas. El resumen del proceso se puede apreciar en la figura 4.

Al no ser un proceso continuo la planificación de un producto tiene que considerar todas las etapas del proceso, cada etapa utiliza recursos como máquinas, dotación de personas e insumos. Sumado a lo anterior hay que incluir el equipamiento necesario para realizar el transporte de los productos dentro de la planta entre cada etapa. Es debido a esta gran cantidad de consideraciones que hay que tener a la hora de planificar la producción de cecinas, que se puede definir a esta tarea como una con un alto grado de complejidad.



Figura 4. Proceso productivo Cecinas. Elaboración Propia

2.2 Conceptos del proyecto

A continuación, se presentan una serie de conceptos que son utilizados dentro del negocio de cecinas en Agrosuper, estos serán utilizados en los capítulos siguientes de este trabajo.

- **Materia Prima:** conjunto de productos cárnicos crudos de cerdo, pollo, pavo y vacuno que son utilizados como base en la elaboración de cecinas.
- **Insumos:** Cualquier elemento que es necesario de algún tipo de cecinas y que no esta
- **Plantas:** establecimiento de la compañía Agrosuper donde se producen cecinas, en total son 3 las plantas de este tipo. Dos de ellas ubicadas en la comuna de San Vicente y la tercera que es de mayor tamaño ubicada en Pudahuel.
- **ACA:** sección dentro de Agrosuper encargada de realizar la venta interna de materias primas generadas dentro de las plantas de productos crudos de Agrosuper hacia plantas de cecinas.
- **Bodegas:** sector dentro de las plantas encargada del almacenamiento de materias primas e insumos.
- **Clasificación ABC:** Clasificación de productos terminados de Agrosuper que da una categoría a cada SKU según el grado de importancia que tiene la venta y producción de estos para la organización.
- **Margen:** cantidad de dinero estimada que deja como ganancia la venta de un kilo de producto terminado para Agrosuper.
- **Productos activados:** conjunto de productos terminados que están con algún tipo de promoción en un plazo establecido y que por ende tienen un grado de relevancia mayor para la organización dentro de ese periodo.
- **Masa:** conjunto de materia prima e insumos definido a través de distintas fórmulas y que sirve como elemento principal para la elaboración de un producto de cecinas. Esta se encuentra en un estado crudo (previo a la etapa de cocci3n).
- **Producto terminado:** Conjunto de productos que están envasados, codificados y que tienen un ID según su formulaci3n y forma de envasado. Este tipo de productos est3n disponibles para la comercializaci3n.

2.3 Marco conceptual de la metodolog3a

2.3.1 Rediseño de procesos

El rediseño de proceso es una labor compleja y muy extenuante, ya que, requiere una revisi3n completa de uno o m3s procesos dentro de negocios dentro de una organizaci3n. Para entender que es el rediseño en primer lugar hay que definir que es un proceso de negocios. Un proceso de negocio consiste en un conjunto de actividades que son realizadas y coordinadas en un ambiente organizacional y t3cnico, todas estas actividades tienen como principal foco la satisfacci3n de un objetivo de negocio definido por la organizaci3n (Weske, 2012).

La raz3n por la cual una organizaci3n se involucra en un rediseño de procesos, sabiendo lo demandante en tiempo y recursos que es esta labor es esta relacionando con los beneficios que se esperan obtener. Los beneficios pueden ser muy amplios, desde ahorro en tiempo hasta la adquisici3n de una ventaja competitiva, lo importante es tener claridad en que indicador la organizaci3n ver3 reflejado estos beneficios (ej: *market share*, satisfacci3n de clientes, etc.).

Si bien la capacidad mejorar e innovar es propia del ser humano, el concepto de mejorar los procesos industriales a trav3s de validaci3n cient3fica tomo fuerza a comienzos del siglo

pasado. Uno de los propulsores de esta idea fue Frederick Winslow Taylor quien con su libro “Principios de la administración científica “ presenta una metodología donde el estudio científico , junto con la capacitación de los trabajadores eran la base del mejoramiento y aborda algunos mitos que existían hasta esa época sobre como el mejoramiento y el desempleo estaban correlacionados(Taylor, 1919).

Luego en los años 50 nace la metodología Lean Thinking, esta buscaba aumentar la eficiencia de los procesos mediante la disminución de todas las actividades o desarrollos que no generan valor al producto (T.Jones & P.Womack, 2003). En 1986 surge con fuerza el método Six Sigma que busca la mejora de los procesos a través de la reducción de la variabilidad en los mismos a través del trabajo en cada etapa productiva (Gutierrez & De la Vara, 2009).

Actualmente los conceptos más utilizados para el rediseño de procesos es el “Business Process Reengineering” o “Business Process Change”. Estos conceptos vienen a consolidar los avances de las metodologías anteriores y abarcan una revisión en profundidad de los procesos de negocios que se desean abordar.

Uno de los lideres actuales en este rubro es Paul Harmon quien con su libro “*Business Process Change: A Manager's Guide to Improving, Redesigning, and Automating Process*” ha tenido una gran influencia en todo el mundo. Su libro no se basa en presentar una metodología en particular, si no que, explica el cómo implementar un rediseño de procesos de forma sistemática, consistente y con una arquitectura adecuada. Dentro de su libro él da ejemplos de cómo abordar estos desafíos y propone un marco sobre el cual entender los procesos de negocios en 3 niveles: compañía, proceso de negocio y de la implementación.(Harmon, 2019). El detalle de estos niveles puede observarse en la figura 5.

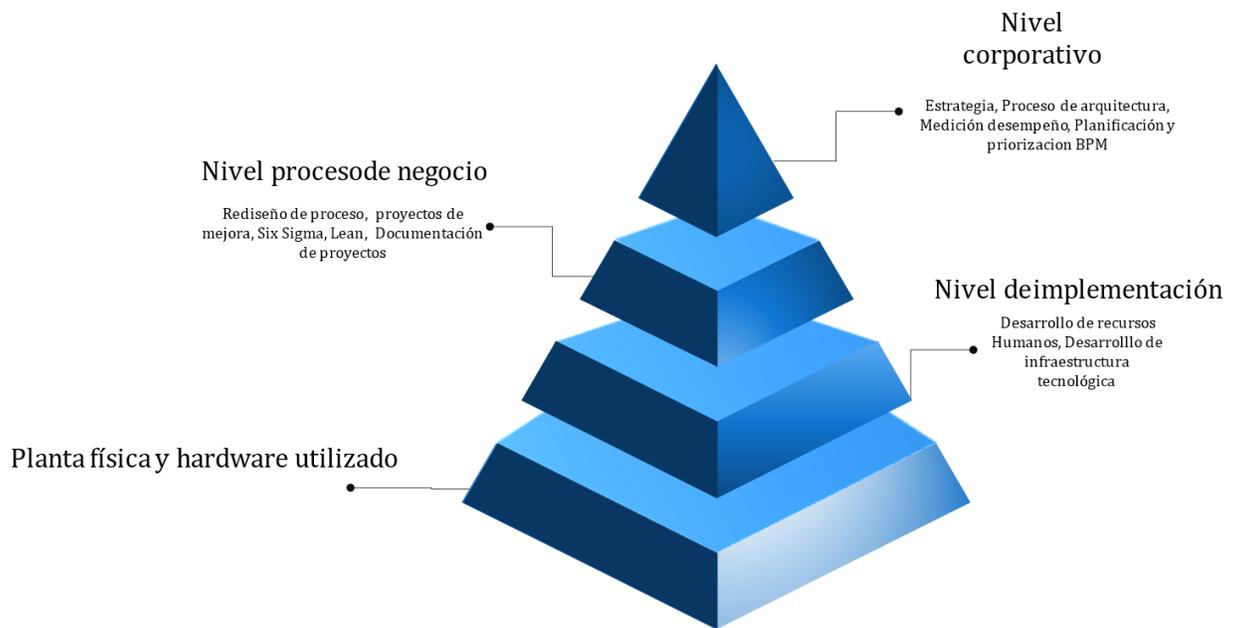


Figura 5 The Business Process Pyramid., elabora a partir de P.Harmon

En particular para este proyecto la metodología de BPC a utilizar es la planteada por (Javidroozi et al., 2016) en su investigación titulada “*Business process change: A guide for implementers*”. Esta consiste en 8 actividades principales que se pueden agrupar en 6 etapas y nace luego de una revisión exhaustiva de las metodologías de BPC existentes hasta ese momento realizada por, dentro de esta revisión también se consideró gran parte de los enfoques mencionados anteriormente.

Por qué se escogió esta metodología responde principalmente a 3 factores claves, el primero es que proviene de una investigación en detalle de metodologías exitosas existentes, el segundo es que está pensado para procesos que busquen la integración de distintos sistemas de información y el tercero que agrega un componente sobre el grado de “radicalidad” que tiene el rediseño, cosa muy importante a tener en cuenta al abordar un proceso transversal en una empresa donde trabajan más de 13.000 colaboradores.

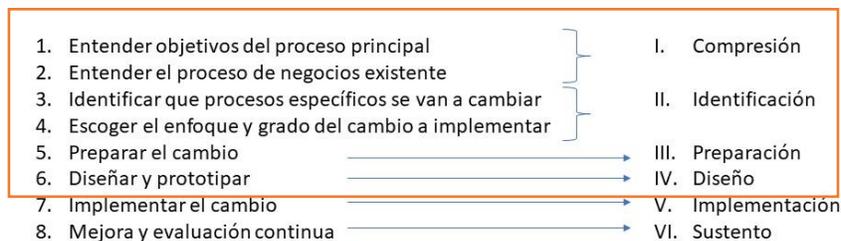


Figura 6. Metodología BPC. Elaboración propia en base a Javidroozi

De las 8 actividades principales las primeras 6 se realizarán casi en su totalidad y forma la estructura de la metodología utilizada (figura 6), las últimas dos instancias tienen un alcance mayor al desarrollado en este proyecto sin embargo se abordarán a través del plan de implementación (5to objetivo de la memoria).

2.3.2 Cadena de suministro

La cadena de suministro o conocido “supply chain” según la traducción al inglés consiste en todo el proceso de producción, comercialización y distribución cada uno de los bienes o servicios que una organización entrega.

El funcionamiento de la cadena de suministro incluye generalmente todas las funciones y tareas desde que se recibe la orden de compra del cliente hasta que este recibe el bien o servicio. Estas funciones suelen incorporar el desarrollo de producto, marketing, gestión de operaciones, servicio al cliente, gestión financiera y toda la red logística de distribución. (Kenton, 2020)

2.3.3 Ciclo S&OP

El ciclo S&OP (Sales and Operations Planning) es un proceso que tiene como principal objetivo ejecutar la estrategia de un negocio mediante el trabajo en conjunto de la parte operativa de la organización y el área comercial. Es un proceso transversal dentro de la organización y que busca generar un balance óptimo entre la oferta y la demanda.

Este concepto nació en la década de los noventa y a comienzo de los 2000 comenzó a tomar mayor fuerza, sobre todo por la inclusión de este en diversas compañías, generalmente apoyadas en un software que realice la generación de pronósticos. Este ciclo fue muy impulsado dentro de académicos-consultores de universidades de Estados Unidos tan prestigiosas como el MIT (Massachusetts Institute of Technology). (Lapide, 2004)

Si bien cada empresa ajusta este ciclo según las características propias de cada negocio, Lapide nos presenta un estándar del proceso. Este tiene un horizonte de ejecución entre 1 y 12 meses y consta de 6 etapas principales.

1. Plan de productos

Esta etapa busca definir el portafolio de productos y de lanzamientos para los próximos 12 meses.

2. Plan de demanda

Esta instancia consiste en planificar la demanda sin restricciones en un periodo de 3 a 18 meses mediante herramientas estadísticas.

3. Plan de operaciones

Aquí se Genera un plan de suministros que este alineado al plan de demanda y sujeto a las restricciones de la cadena de suministro.

4. Reunión táctica S&OP

evaluar las brechas en volumen y financieras respecto al presupuesto y proponer distintas acciones que se hagan cargo de estas.

5. Reunión ejecutiva S&OP

Alinear el plan de volumen con: el presupuesto, utilización de capacidad y el plan de acciones.

6. Despliegue

Comunicar el plan a toda la organización y realizar el seguimiento de su implementación.

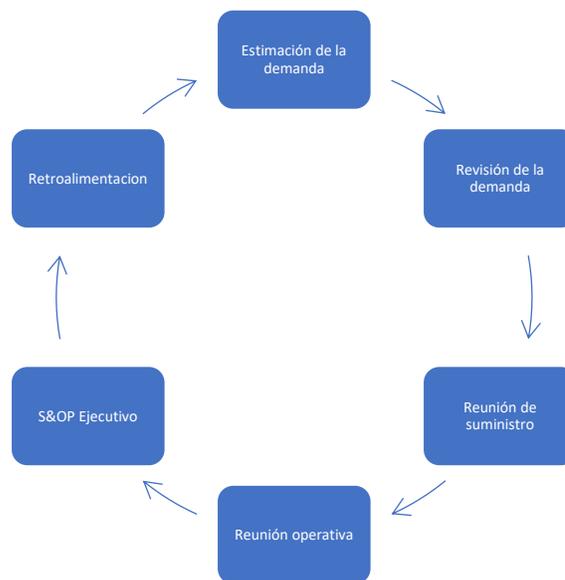


Figura 7 Ciclo S&OP, Elaboración propia

El concepto abordado en esta sección es transversal a toda la memoria, ya que, es parte importante del proceso que se aborda en este trabajo de título. En la primera parte, se aborda con mayor profundidad debido a que se analiza su funcionamiento dentro de la Agrosuper.

2.3.4 Industrial Business Planning

Industrial Business Planning o “IBP” es un término usado en el mundo de la logística y mencionado por algunos consultores como la evolución del ciclo S&OP. Este sistema incluye en el análisis las componentes financieras, operaciones y el aspecto estratégico de una organización con horizontes de tiempo que van desde los 24 meses hasta el mes siguiente (Wight).

Este proceso requiere un grado de integración de los sistemas muy alto para funcionar, ya que, se hace cargo del proceso completo logístico y comercial dentro de una cadena de suministro. En primer lugar, se realizan los pronósticos de demanda, luego viene la

optimización de la producción, el manejo y distribución de inventarios. Culminando con el proceso de optimización del transporte de los productos. Al ser un proceso transversal dentro de la cadena de suministro requiere de un sistema de información que sirva de soporte a las áreas involucradas en él y también que permita un flujo constante de información entre los distintos actores.

Al igual que el ciclo S&OP hay una serie de etapas a nivel mensual que se recomiendan a la hora de implementar un proceso de esta magnitud. Por qué se entiende IBP como una mejora del ciclo S&OP es principalmente que al tener estar apoyado en sistema integrado requiere una etapa de carga y revisión de datos al sistema. Pero el principal avance está en que IBP permite realizar análisis What-if mediante la simulación de distintos escenarios y de esa forma tomar mejores decisiones tanto en ámbito estratégico como táctico.

El proceso comienza con la actualización de los datos al sistema, luego viene una revisión detallada de los productos y/o servicios a ofrecer en los siguientes periodos por parte de área de negocios o “Product Manager”. Después viene en detalle la revisión de parte del área comercial a través de los pronósticos de demanda esperadas. En tercer lugar, se realiza la revisión por parte del área de suministro de la oferta a entregar a la organización. Con toda la información clara genera la “reconciliación” donde se generan los acuerdos entre las áreas considerando la información presentada por cada una, es en esta instancia donde se puede revisar distintos escenarios simulados por algunas de las partes. Finalmente, una vez se haya llegado a un acuerdo viene la revisión final del proceso que se realiza por el área directiva de la organización.

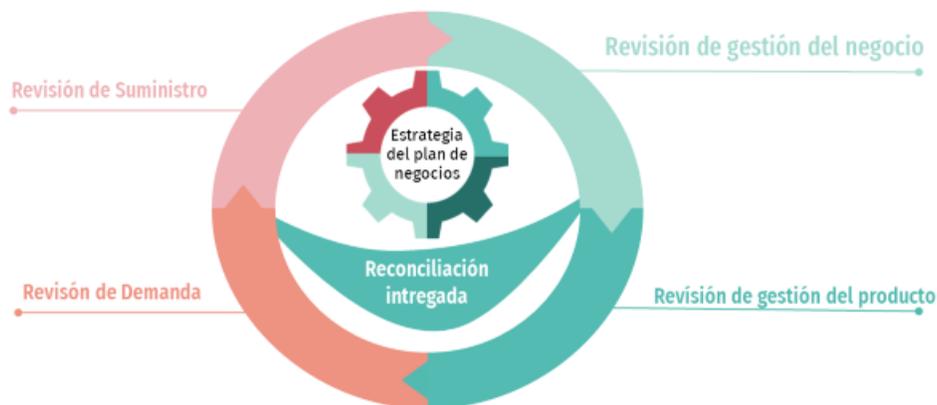


Figura 8. IBP Stages, elaboración propia a partir de Wight

2.3.5 Planificación de la producción

La planificación de la producción o programación de operaciones corresponde al proceso en el cual se realiza la asignación de los recursos disponibles una organización (equipos, mano de obra, tiempo, etc) a ciertas actividades, tareas o clientes a lo largo de un periodo. Este Dependiendo de la complejidad y naturaleza del negocio las variables analizadas para esta

labor pueden ser muchas. Sin embargo, hay algunas que son bastante comunes como lo son la capacidad finita de producción, el tamaño de los batch productivos, reglas de prioridad a la hora de elaborar y despachar, sistemas de control y planeación.(Schroeder, 1999)

En particular, la producción de cecinas tiene ciertas características que hacen muy compleja su planificación, principalmente debido a que es un proceso que tiene restricciones de tamaño de batch productivos, no tienen líneas productivas continuas y los productos tienen caducidad reducida. Si bien en el subcapítulo siguiente se abordará este proceso en detalle es importante mencionar estas características para entender como se ha abordado esta problemática en diversas organizaciones.

A pesar de la dificultad de planificar la producción de cecinas y otros productos con características similares (perecibles y con producción no lineal), se han realizado diversas investigaciones para abordar esta problemática.

Un trabajo clave en esta área es el realizado por (Kondili et al., 1993). En esa investigación se presenta un algoritmo para planificar producción a corto y mediano plazo para productos ²que están sujetos a restricciones de batchs productivos y procesos con etapas intermedias. Este trabajo ha sido ampliamente utilizado en los últimos 25 años en investigaciones sobre planificación de producción.

También en la agroindustria se utiliza este tipo de modelos matemáticos para planificar la producción. Una revisión realizada por (Ahumada & Villalobos, 2009) sobre los métodos de planificación dentro de cadenas de suministro para decisiones operativas, tácticas y estrategias dentro de la de esta industria, dio como resultado que a la hora de planificar la producción las herramientas más utilizadas fueron MILP (Programación lineal mixta), programación dinámica y procesos estocásticos.

Otra industrias como la del yogurt, también han incluido al MILP para planificar su producción, obteniendo resultados más que favorables (Entrup et al., 2005). Sin embargo, un caso muy interesante es el presentado por (Neves-Moreira et al., 2019) donde se resolvió todo el proceso de cadena de suministro de una empresa productora de carne a través de una serie de problemas modulares resueltos a través de modelo de programación lineal mixta.

Tal como en los ejemplos anteriores, la planificación de cecinas también se ha podido realizar a través de modelos de programación lineal entera. Un estudio que visibiliza los beneficios de este enfoque es el desarrollado por (Polon et al., 2017), quienes a través de la planificación productiva de una planta de salchichas en Brasil mediante MILP, lograron aumentar un 20% la capacidad productiva de una fábrica.

Para concluir, la programación de operaciones es una tarea compleja, ya que, busca generar una óptima asignación de recursos a tareas y procesos, sobre todo en una industria con muchas restricciones como lo es la de los productos alimenticios de origen animal. Sin embargo, se ha estudiado mucho sobre el tema y uno de los modelos más utilizados es abordar

² Mixed Integer Lineal Programming según sus siglas en inglés.

la planificación de la producción como un MILP. Es este camino el que se utilizara en esta investigación, principalmente en los pasos 2,4 y 5 de la metodología.

2.3.6 Programación Lineal

En la sección anterior se habló menciono en reiteradas ocasiones el concepto de MILP y cuáles han sido sus beneficios de implementar este tipo de modelos a la hora de planificar la producción. Sin embargo, no sé profundizo sobre cuáles son las características que tienen este tipo de modelos.

Un ILP (Integer lineal Programming) es una forma de modelar problemas de optimización lineal a través de un conjunto discreto de variables enteras. Los modelos MILP (Mixed Integer Lineal Programming) son en su esencia problemas de programación lineal, pero con menos restricciones que un ILP, ya que, solo algunas de las variables de decisión son enteras y el resto pueden ser reales. Este tipo de modelos se caracteriza por que el conjunto de soluciones es factible.

La forma canónica de entender estos problemas es mediante 3 elementos, el primero son las variables de decisión que en este caso son variables enteras o reales las cuales pueden cambiar su valor dependiendo de la función a optimizar. Luego viene la función objetivo, la cual determina cual será la solución del problema escogida, dependiendo si es el máximo o mínimo. El tercero elemento son las restricciones que limitan los valores que pueden tomar las variables de decisión y de esa forma generan el conjunto de soluciones factible. (Chachuat, 2019)

Objetivo: minimizar $c^T x$

Restricciones: $A x = b$ (restricciones lineales

$l \leq x \leq u$ (restricciones de limite)

Algunas o todas las variables x_{ij} deben

ser valores enteros (restricciones de enteros)

Figura 9. Forma canónica MILP. Elaborado a partir de Gurobi.com

En particular, en la etapa 5 de esta investigación que es la implementación de un piloto donde esta forma de modelar problemas se abordará en detalle, principalmente debido al desarrollo de un modelo que permitirá planificar la producción de cecinas en Agrosuper.

2.3.7 Supply Chain Management (SCM)

El concepto de Supply Chain Management (SCM) ha sido desarrollado ampliamente por la literatura ligada al área de operaciones durante las últimas 3 década, sobre todo considerando las dificultades logísticas que han implicado la internacionalización de las cadenas de suministro de las empresas en busca de mejores precios. Entender este concepto es de vital importancia para realizar un análisis del proceso de planificación de la producción y de la venta de cecinas en Agrosuper. En particular, se analizarán 4 aspectos claves a la hora de evaluar la gestión dentro de una cadena, estos conceptos se utilizarán el capítulo 3 de este

trabajo para analizar el proceso que actualmente utiliza Agrosuper para planificar su venta y producción en el negocio de cecinas.

Integración

La primera característica que se espera de una cadena de suministro es la capacidad de integrar la información de las distintas áreas que la componen, esto con el objetivo de tomar decisiones que maximicen beneficios de toda la cadena y no solo de una actividad particular o área en particular como lo pueden ser la venta, transporte o producción.

Con el objetivo de mejorar la integración dentro de la cadena, surgió dentro del mundo de la consultoría logística el “Industrial Business Planning. Esta metodología viene a ser la “evolución” del ciclo S&OP y se caracteriza por una mayor integración dentro de las áreas. En particular algunos beneficios que genera un mejor flujo de información al interior de la cadena de suministro como lo son: el aumento de la eficiencia, la disminución de los costos y la reducción del impacto del efecto “látigo”. Claramente hay factores que intrínsecos de la cadena como los son la complejidad de los bienes producidos, cantidad de proveedores entre otros que afectan la magnitud de estos beneficios. (Ketzenberg et al., 2007).

Habilidades Táctico-Estratégicos

Si bien la comunicación entre las distintas áreas que componen la cadena es sumamente importante, también lo es el dialogo entre las decisiones tácticas-operativas y estratégicas dentro de la cadena de suministro. El ciclo S&OP³ esta caracterizado por llevar al horizonte táctico información de carácter operativa del negocio, sin embargo, durante las últimas dos décadas ha habido un fuerte impulso por también alimentar las decisiones estratégicas con información y modelos que vienen del ámbito táctico-operativo.

Ejemplos como los presentados por (Georgiadis et al., 2005) en donde distintas organizaciones del sector alimentario en Grecia toman mejores decisiones estratégicas como lo son las políticas de inventarios o contratos con proveedores gracias a la información operativa del proceso, permiten ver el impacto que se logra al generar un flujo de información bidireccional entre lo táctico-operativo y lo estratégico.

Para analizar como las decisiones tácticas-operativas se relacionan con las estratégicas, es necesario revisar los flujos de información presentes en el proceso en cuestión dentro de la cadena de suministro.

Flexibilidad

Con la internalización de las cadenas de suministros y con mercados cada vez más competitivos y conectados al consumidor, cada vez es más importante generar cadenas de suministros con mayor flexibilidad. (FÜrst & Schmidt, 2001)

La flexibilidad dentro de la cadena de suministro puede entenderse como la capacidad que tienen la cadena de suministro para adaptarse a los cambios que ocurren a nivel de la demanda

³ Metodología de planificación

y/o el ambiente (Blome et al., 2013). En particular, para el proceso estudiado se medirá la flexibilidad a través del tiempo que demorará el proceso en incorporar algún ajuste a lo planificado inicialmente.

Simulación

La cuarta habilidad que tiene estar presente dentro de una cadena de suministro es la capacidad de simular distintos escenarios. Simular escenarios es clave a la hora de tener mayor flexibilidad, ya que, permite analizar el efecto que tendrán los cambios tanto a nivel de demanda como cualquier otro inconveniente.

En particular, a la hora de planificar la producción los beneficios que tiene simular distintos escenarios productivos pueden ir desde la mejora en la eficiencia de la planta, disminución de los costos entre otros (Polon et al.).

3. Análisis de la situación Actual

En este capítulo se presentan el proceso de completo de planificación de la venta y producción de cecinas de Agrosuper, dando un mayor énfasis a las etapas 2 y 3 del ciclo S&OP de Agrosuper. Esto con el objetivo de poder entender, analizar y proponer una posible solución a los problemas identificados. Para esto se ejecutó un seguimiento y levantamiento de la información fundamental para el proceso de planificación de la venta y producción de cecinas. Esto con el fin de conocer la relación entre los diversos actores, como se toman las decisiones y cuál es la información disponible en cada instancia.

La metodología utilizada para este objetivo consistió en una serie de entrevistas a los principales actores del proceso, desde el subgerente de planificación industrial hasta llegar al planificador de cecinas y los dos jefes de las plantas. Sumado a esto se generaron reuniones de discusión con los involucrados para discutir acerca de su visión del proceso y posibles propuestas de mejora. Finalmente hubo una etapa donde el memorista asistió como oyente u observador a instancias asociadas al proceso.

Las entrevistas fueron guiadas en base resolver a las preguntas plantadas por (Stoddard & Jarvenpaa, 1995), complementando el levantamiento se accedió a la información disponible en el sistema de gestión de la empresa SAP y se revisó una serie de documentos utilizados por el planificador de cecinas y los jefes de la planta. Con esta información se logró realizar un análisis cuantitativo del proceso.

3.1 Proceso de planificación Agrosuper

El proceso de planificación de cecinas en Agrosuper es un proceso complejo y es transversal a gran parte de la organización. Este responde a estándares definidos por la compañía y que se aplican en sus 4 principales líneas de negocios: cerdo, pollo, pavo y procesados (cecinas y elaborados). En este capítulo se hará una explicación de todo este proceso de planificación y se definirá cuál es será la etapa en la que se centrará esta investigación.

El proceso tiene 3 horizontes o componentes principales, el presupuesto anual, ciclo S&OP y la planificación dentro de la cadena de suministro. Cada uno tiene un carácter distinto según el periodo de tiempo que planifican y el tipo de decisiones que se toman. El primero es de carácter estratégico, el segundo más bien táctico-operativo y el tercero es netamente operativo.

3.1.1 Presupuesto Anual

El presupuesto anual es la primera parte del proceso de planificación, en esta instancia se definen cuáles serán los montos definidos a invertir en la producción y comercialización para el año siguiente.

Esta etapa es crucial para todos los negocios, pero es especialmente relevante para el segmento de crudos. Esto es debido a que es en esta instancia donde se estima la cantidad de animales a criar para el año siguiente y por ende también se estima la cantidad de materia cárnica disponible para la producción en el mismo periodo. Si bien existe un grado de

flexibilidad para aumentar el presupuesto destinado a la crianza animal durante el año es bastante limitado, ya que, al ser una compañía con un grado de integración vertical casi completo una variación muy grande afecta a todos los procesos.

En particular para el negocio de cecinas el presupuesto anual no tiene el mismo impacto en la planificación, sin embargo, es en esta instancia donde se estudian posibles ajustes a nivel de productivo en las plantas, como lo puede ser la inmersión en más maquinaria o algún incremento considerable a nivel de dotación para el siguiente año. Acá también se toman decisiones comerciales como cuál es la participación de mercado que se espera en cada tipo de producto y cuál es el presupuesto destinado a mejorar la comercialización en cada segmento.

3.1.2 Ciclo S&OP Agrosuper

Como se mencionó anteriormente el ciclo S&OP es una forma de planificar las ventas y las operaciones dentro de una organización, en particular Agrosuper ha implementado este mecanismo con ajustes en base a las necesidades del negocio que manejan. En específico son 5 etapas (figura 10) las que componen el ciclo S&OP en Agrosuper, la generación de la demanda, los inputs productivos, el balance entre la oferta y demanda, la comunicación y el seguimiento.

Este proceso es liderado por la subgerencia de planificación comercial o también conocida como Subgerencia de S&OP quien a la igual que la subgerencia de Planificación Industrial pertenecen a la cadena de Suministro. El ciclo S&OP está diseñado para planificar la venta y producción para el mes siguiente. A pesar de lo anterior en el caso de cecinas hay algunas diferencias porque en algunas instancias se planifica con un horizonte mayor.



Figura 10. Ciclo S&OP Agrosuper. Elaboración propia

Generación de demanda

La primera instancia es la generación de la demanda, en esta etapa se el equipo de planificación comercial consolida toda la demanda proveniente de las distintas sucursales, clientes y del área de negocios. Luego se realiza la asignación de volúmenes a cada cliente y/o sucursal en base a criterios de rentabilidad del negocio, para esta etapa en particular Agrosuper cuenta con la ayuda de una empresa consultora que les presta el servicio de consolidar la demanda y realizar el proceso asignación de volúmenes a través de un proceso de optimización.

Sin embargo, en el negocio de cecinas no se cuenta con el apoyo de la consultora, por lo que solo se consolida la demanda. Este plan con la demanda no consolidada se conoce como la “demanda irrestricta”.

Inputs productivos

En la etapa de inputs productivos la subgerencia de planificación industrial tiene como objetivo consolidar la oferta productiva de Agrosuper, para esto hace uso de la información disponible desde las distintas plantas productivas, también de la disponibilidad de animales, insumos.

Balance de oferta y demanda

Una vez consolidada tanto la oferta como la demanda viene la tarea de realizar el balance entre ellas. Para esta labor se requiere la coordinación entre las subgerencias de planificación comercial e industrial, quienes tienen que buscar la correcta asignación de la producción a la demanda irrestricta y considerando las capacidades productivas.

De este paso surge el plan comercial, este consiste en un plan de ventas que ya tiene un respaldo productivo y que será la guía comercial para la compañía para el próximo mes y en base a esta se analizará el rendimiento de una parte importante de la empresa.

Comunicación

El siguiente paso dentro del ciclo S&OP es la comunicación del plan comercial a toda la compañía, para realizar esta labor se genera en primer lugar una reunión donde la subgerencia de planificación comercial presenta los planes comerciales de los distintos negocios al área ejecutiva de la empresa y recibe la validación final.

Luego de esta reunión se realiza la comunicación al resto de la organización en primer lugar mediante mails y luego con reuniones a con los distintos jefes de sucursales y jefes de venta. La última parte es la carga de los planes a SAP, sistema que utiliza la organización para almacenar y gestionar gran parte de su información.

Seguimiento

La etapa final del ciclo S&OP es la del seguimiento, esta busca ir revisando como es la ejecución de lo planificado el mes anterior y se basa principalmente en reuniones semanales de revisión y una reunión a final de mes analizando todo el ciclo.

3.1.3 Proceso de planificación cadena de suministro

El proceso de planificación dentro de la cadena de suministro viene a darle operación a al plan comercial. Este consta de 5 instancias principales (figura 11) y está muy ligado al componente de seguimiento del ciclo S&OP.



Figura 11. Proceso de planificación Cadena de Suministro. Elaboración propia

La primera tarea dentro de este proceso es lo que se conoce como “apertura del plan comercial”, esta consiste en revisar el plan comercial para las próximas dos semanas y definir cuál será la venta de cada producto a nivel diario considerando como base el plan de ventas mensual. Esta labor es realizada por la subgerencia de planificación comercial y el output de esta actividad es plan operativo que contiene la venta de cada SKU para cada cliente y sucursal.

En segundo lugar, el área de logística y abastecimiento revisa el plan operativo y ve cual es la necesidad de productos consideran las ventas esperadas y el stock disponible en cada sucursal. Esta información se consolida en un plan de abastecimiento, que contiene la información acerca de cuanto es necesario producir de cada producto terminado para poder satisfacer el plan operativo en cada sucursal.

Luego viene el área de planificación industrial que transforma el plan de abastecimiento en un plan productivo considerando las capacidades productivas, este último plan se conoce como plan productivo. Finalmente viene la etapa de validación, donde el plan productivo se revisa en detalle con las plantas y se realizan los ajustes considerando alguna eventualidad.

El proceso de planificación dentro de la cadena de suministro contempla las dos semanas siguientes, por ejemplo, en la semana 15 del año 2021 se planifica tanto la semana 16 como la 17. Luego en la semana 16 se planifica la semana 17 nuevamente, considerando como base la planificación ya realizada y también se planifica la semana 18.

3.2 Inputs productivos y balance

De todo el proceso presentando anteriormente, el análisis estará centrado en las etapas de *inputs productivos y balance de oferta y demanda* del ciclo S&OP. Esto es producto de que es en esta instancia donde se debiese integrar la información productiva con la comercial, además el horizonte con el que se trabaja permite hacer cambios considerables a la hora de decidir que producir en los meses siguientes. Dentro del negocio cecinas estas etapas se pueden definir como una sola gran fase, compuesta por varios subprocesos en los cuales participa principalmente la subgerencia de planificación industrial a través de sus distintos equipos. (figura 13)

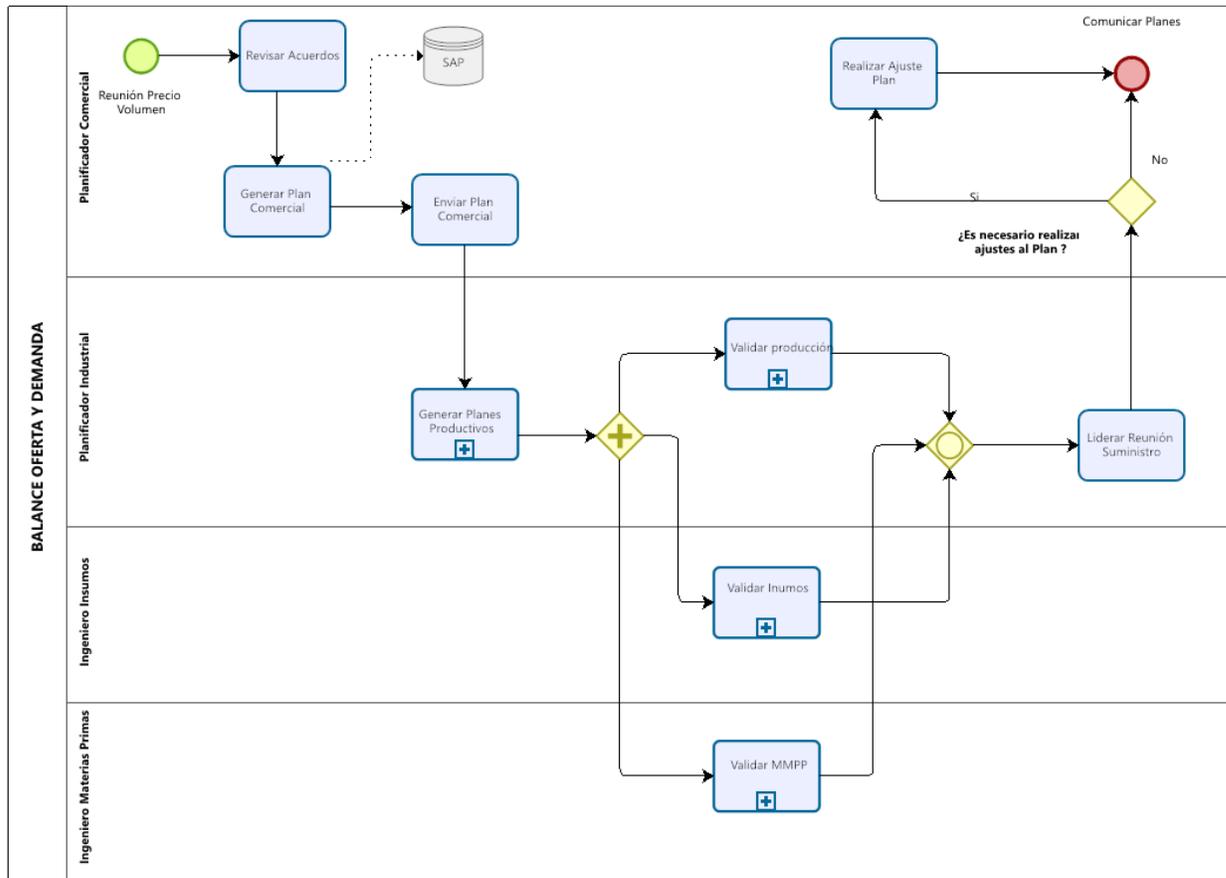


Figura 12. BPMN Inputs productivos y balance. Elaboración Propia

El proceso comienza con la reunión de Precio Volumen, esta instancia se realiza entre los días 12 y 14 de cada mes y es liderada por el planificador comercial de procesados. Esta reunión recibe como insumo la estimación de la demanda por cada producto para los 3 próximos meses y la asignación detallada de los volúmenes de venta para cada tipo de cliente y a las distintas sucursales para el mes siguiente. Esta reunión tiene como objetivo revisar como fue la asignación de los volúmenes para cada negocio y realizar los ajustes necesarios en base a las solicitudes que tienen los distintos KAM (Key Account Manager).

En base a los acuerdos tomados y ajustes solicitados en la reunión de Precio Volumen el planificador comercial realiza el plan comercial para el mes siguiente y luego lo envía vía correo junto la estimación de venta del mes n+2 y el n+3. Esta información se encuentra en un archivo Excel y se puede acceder también a través del módulo SAP-IBP que tiene esta herramienta. El plazo máximo para realizar esta acción es 3 días hábiles después de realizada la reunión de Precio y Volumen.

Una vez enviado el plan comercial es el planificador de cecinas el encargado de planificar la producción de los productos en base a la información obtenida. Este subproceso tiene como objetivo principal definir qué productos se producirán cada día, en que cantidad y en que planta para los próximos 3 meses. Esta información se consolida en los planes productivos

mensuales para cada planta. En total se generan 6 planes, cada fabrica recibe la planificación para los meses $n+1$, $n+2$ y $n+3$.

Luego de realizarse el plan productivo tiene que ser validado por parte de los equipos de materia prima, insumos y también por los centros productivos donde se realizan las cecinas. La validación de insumos y de materia prima son muy similares, ambas consisten a grandes rasgos en convertir el plan productivo en un plan de insumos y materias primas respectivamente, este contiene cuáles serán las necesidades de este tipo de requerimientos para los próximos 3 meses. Con esta información se genera las órdenes de compra para que ambas plantas puedan producir lo planificando.

En paralelo a las validaciones de insumos y materia prima se realiza validación productiva, esta es realizada tanto por el jefe de la planta Sopraval como por el de la planta de EAD. Ellos revisan que el plan productivo este ajustado a las capacidades productivas de las plantas, en caso de que lo planificado exceda a la capacidad que ellos le informan al planificador de cecinas.

Toda la información recopilada durante la etapa de validación por parte del equipo de planificación industrial es presentada al área de negocios y al planificador comercial en la Reunión de Suministro. En esta se analiza cómo fue ha sido el cumplimiento del plan comercial en el mes en curso, se muestra la comparación del plan productivo con el comercial para el mes siguiente y también se da una breve mirada a la producción de estimada para los meses $n+2$ y $n+3$. Esta instancia es realizada entre los días 18 y 20 de cada mes.

Considerando el plan productivo y las diferencias presentadas en este con el plan comercial original, luego de la reunión de suministro el planificador comercial de cecinas hace los ajustes al plan comercial y comienza con en la etapa de comunicación de este.

3.3 Planificación producción y validación productiva

Luego de revisar el proceso completo de planificación y venta de cecinas en Agrosuper, analizar más detalladamente la etapa 2 y 3 del ciclo S&OP, se hizo necesario nuevamente acotar el alcance del trabajo de título. Esto es, producto de que el tiempo de investigación de este trabajo es acotado y considerando que el foco principal de este trabajo está en entender cuáles son las oportunidades de crecimiento que tiene Agrosuper desde el punto de vista productivo y como aprovechar estas en caso de existir, el análisis en mayor profundidad se realizó específicamente en dos subprocesos, estos son el de la planificación de la producción y el de la validación productiva.

La razón por la cual se escogieron estas instancias es muy similar al argumento usado en el anteriormente, son en estos dos subprocesos en donde en primer lugar se revisan las capacidades productivas que tiene Agrosuper en el negocio de cecinas. En caso de existir las oportunidades de crecimiento es aquí donde se debiese generar el aviso al resto de la organización, ya que, es el único momento donde las plantas productivas contrastan sus capacidades con los planes de venta para los próximos meses.

3.3.1 Flujo del proceso

El detalle acerca los subprocesos de planificación producción de cecinas y posterior validación por parte de las plantas puede verse en la figura 14. La finalidad de este modelamiento es poder analizar de forma gráfica las actividades del proceso, cual es el orden lógico que estas tienen y poder analizar las causas y efectos de los problemas detectados.

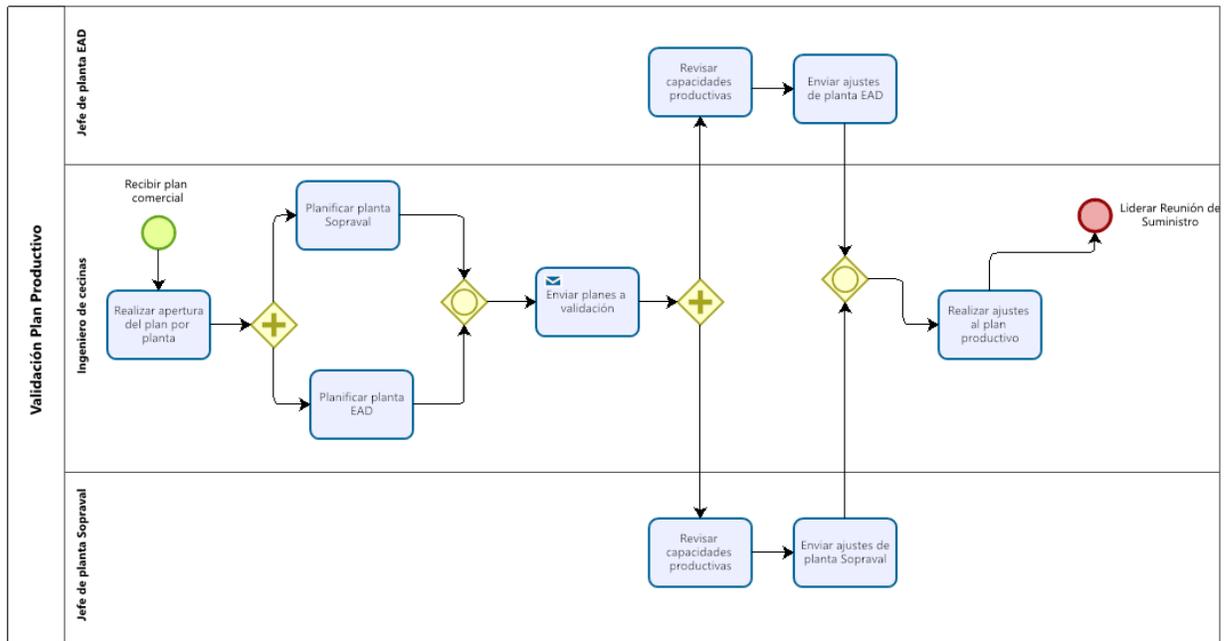


Figura 13. BPMN planificación de la producción y validación

3.3.2 Descripción del proceso

Los datos utilizados en la descripción del proceso fueron en su gran mayoría levantados durante los meses de febrero y marzo de 2021. El ciclo de planificación utilizado como referencia fue el realizado en el mes de marzo de dicho año, donde se planificaron los meses de abril, mayo y junio.

La primera labor que se hace es la recepción del plan comercial por parte del planificador industrial de cecinas, el plan comercial viene en un archivo Excel con la demanda semanal de cada producto para los siguientes 3 meses. El planificador comercial tiene que realizar la “apertura” del plan comercial, esta actividad consiste en dividir el plan comercial en 2 planes, uno para cada planta y también realizar la estimación de la demanda a nivel diario. Para esto se utiliza como referencia la información histórica de la demanda de cada producto por día de la semana.

Una vez realizada la apertura del plan se realiza la planificación productiva de todos los productos. Este proceso se realiza de forma separada cada planta, de los 102 productos con demanda estimada para el periodo revisado, 25 de ellos se planificaron en la planta de Sopraval y 70 en la de EAD, el resto fueron maquilados. La principal consideración que se

realiza a la hora de planificar es el stock almacenado en planta de cada producto, la forma de planificar es “Make to Stock”, por lo que cada elemento tiene un stock meta u objetivo que se busca mantener a lo largo del tiempo.

Luego de realizar la planificación, está se envía mediante un correo electrónico con archivos de Excel conocidos como “planes productivos”. Estos son recibidos en cada planta por los respectivos jefes de producción. Ellos revisan la planificación de la producción y la contrastan con las capacidades productivas y la dotación de personas que tienen para cada día, en cada puesto de trabajo. El jefe de cada planta hace una revisión inicial de las capacidades a través de las planillas que él maneja, una vez realizado esto, él envía esta validación a los sectores de crudos y de cocidos para que ellos hagan su validación interna.

Para finalizar la etapa de validación, los jefes de planta reciben la validación interna y le entregan un análisis al planificador de cecinas con una serie de ajustes propuestos para de esa forma evitar que la planificación productiva exceda las capacidades que ellos tienen.

Este subproceso concluye con la reunión de suministro, en esta reunión el planificador de cecinas presenta la versión final del plan productivo con los ajustes realizado luego de la validación productiva.

3.3.3 Soporte del proceso y tiempos del proceso

Este subproceso de planificación y validación productiva tiene un soporte tanto a nivel de colaboradores como tecnológico. El encargado de liderar esta etapa es el planificador de cecinas, Patrick Peña. Él es quien recibe el plan comercial, realiza la apertura y también planifica la producción en ambas plantas. Tanto el jefe productivo de la planta EAD (Dorian Arenas), como el de la planta de Sopraval (Fernando Gómez) apoyan este proceso a través de la validación del plan a través de las capacidades de las plantas productivas.

Desde el punto de vista la tecnología es muy importante mencionar que Agrosuper trabaja con una serie de empresas que le prestan servicios, sin embargo, el proveedor que más destaca es SAP. En particular los módulos con los cuales se trabaja directamente con la parte más productiva es SAP ECP y SAP BWP.

A pesar de que Agrosuper cuenta con una serie de servicios y plataformas a nivel tecnológico, en particular para es subproceso tanto la planificación de la producción de la como la posterior validación se realiza a través de planillas de Excel. Estas planillas han sido desarrolladas por cada uno de los responsables, por lo que en general no siguen un estándar definido y se basan en la experiencia de cada persona. Por ejemplo, la planilla utilizada para planificar la producción ha tenido una serie de cambios a partir de enero 2021, ya que fue en esa fecha donde Patrick se hizo cargo de liderar este proceso.

Finalmente, cada actividad realizada en este proceso demora un tiempo en su ejecución. En primer lugar, la apertura del plan comercial demora en promedio 20 minutos. La planificación de la producción de EAD y Sopraval demora 6 horas por cada mes planificado. La validación productiva demora más tiempo, en total son 3 días hábiles el periodo entre que jefe de planta recibe el plan productivo y responde con los ajustes necesarios, este lapso es producto de que

cada jefe tiene que hacer una validación interna con las distintas áreas productivas (crudos, cocidos y materias primas). Es importante mencionar que durante ese espacio de tiempo tenga una duración de 3 días no significa que se trabaje en esa tarea durante todo ese lapso, sino que es el tiempo aproximado entre que el planificador de cecinas envía la planificación y recibe la validación con los ajustes respectivos⁴. El resumen de los tiempos calculados del proceso están en la tabla 2.

Tabla 2. Resumen de tiempos del proceso, elaboración propia

Actividad del proceso	Herramienta	Tiempo	Responsable
Apertura del plan comercial	Excel	20 minutos	Patrick Peña
Planificación productiva	Excel	6 horas	Patrick Peña
Validación Productiva	Excel	3 días(plazo)	Fernando Gómez (Sopraval) Dorian Arenas (EAD)

3.3.4 Sistema de control del proceso

Dentro de la cadena de suministro, el mecanismo principal utilizado para evaluar el ciclo S&OP es el cumplimiento del plan comercial para el mes en curso. Este cumplimiento se mide a través de un indicador que estima la desviación que tiene tanto la producción como la comercialización de cada producto. En particular el indicador que evalúa el desempeño de la subgerencia de planificación industrial es el MAPE productivo (1), este compara la producción del mes planificación con la versión definitiva del plan comercial que es la que se genera luego de la reunión de suministro y que es posteriormente comunicada al resto de la organización.

$$(1)MAPE_{productivo} = \frac{|Plan\ comercial - Producción|}{Plan\ comercial}$$

Es importante mencionar que la subgerencia de planificación industrial tiene como principal rol;

“Continuar impulsando, en términos productivos, el cumplimiento del plan comercial (S&OP), manteniendo una lógica de eficiencia en la producción, particularmente de

⁴ Detalle de la metodología utilizada para medición de los tiempos en el anexo

rendimientos, costos e inventarios, transformando en el largo plazo, restricciones productivas en oportunidades de crecimiento”

Esta bajo este rol definido para la subgerencia, que se puede entender por qué esta área no maneja toda la información respecto a la capacidades y restricciones productivas, ya que, se rige por el plan comercial, y las oportunidades de crecimiento surgen desde la incapacidad de satisfacer dicha planificación y no sobre las capacidades ociosas que actualmente se encuentran en las plantas.

3.4 Definición de brechas

Luego de revisar en detalle el proceso de planificación y validación productiva el siguiente paso es contrastar este con las mejores prácticas o conceptos que actualmente se desarrollan dentro de la cadena de suministro y en particular de la planificación de la producción. Para realizar el análisis del proceso se midieron 4 características claves que fueron desarrolladas en bajo el concepto de Supply Chain Management en el marco conceptual.

3.4.1 Brechas del proceso

A nivel de integración, el proceso de planificación y validación productiva de cecinas en Agrosuper tiene un grado de integración medio. Si bien las tres primeras partes del Industrial Bussines Planning se realizan de forma correcta, ya que, cada área entrega de manera correcta la información correspondiente, aún falta por mejorar la etapa de integración. Toda la información productiva que surge la planificación y validación son presentadas en la reunión de suministro, instancia que debido a su acotado tiempo (60 minutos) y gran volumen de información revisado tiene un carácter informativo y no resolutivo.

La mayor brecha u oportunidad de mejora se encuentra en que el área comercial integre de manera correcta la información que proviene del área industrial, por ejemplo, en el plan de venta del mes de junio hay 4 productos que tienen una venta estimada que es menor a la cantidad mínima necesaria para producir (tabla 3). En estos casos en los cuales la cantidad a producir es menor a la mínima necesaria comúnmente no se producen estos productos, ya que, estos bajan considerablemente su valor si están más de 30 días almacenados, producto de que los supermercados no los aceptan y tienen que venderse en el canal tradicional a un menor precio.

Tabla 3. Productos con Demanda muy baja. Elaboración propia

Código	Descripcion	Batch	Demanda Junio
1040713	Jamon Pavo Acaram Lam# Di 250g SO	1530	1247
1040149	Jamon Cocido Lam# Va 5x400g Cj SO	1530	1480
1040787	Pechuga Acaram# 20x150g Cj SP	1530	1293
1040783	Pechuga Acaramelada Lam# 5x400g SO	500	400

Analizando el flujo de información dentro de ciclo S&OP de cecinas y en particular del proceso de planificación de cecinas, se puede definir un proceso con solo una dirección, desde lo estratégico hacia lo táctico-operativo. La estrategia del negocio guía al ciclo S&OP, dentro de este ciclo el área de negocios realiza las estimaciones de demanda en base al *market*

share definido por tipo de producto, el área comercial consolida la demanda y se la entrega a planificación industrial para que la planifique, para finalmente sean las plantas quienes validen los planes productivos.

Sin embargo, dentro de este proceso, no está definido cual es la información que las plantas productivas pueden entregarle a la cadena de suministro o al resto de la organización para tomar mejores decisiones en un ámbito más estratégico u táctico. A modo de ejemplo, dentro de la cadena de suministro no se conocen cuáles son las capacidades nominales de ambas plantas de cecinas, información que es muy importante a la hora de definir metas de venta y producción para el o los años siguientes.

En relación con la flexibilidad de este proceso, esta se puede clasificar como baja. Esto es debido a que cualquier cambio que surja desde el área comercial, tiene que ser planificado por el planificador industrial de cecinas y luego ser validado por el jefe de planta productivo, si bien planificar los estos cambios toma un tiempo menor al que requiere la planificación y validación de un mes completo igual es un tiempo significativo. Dependiendo del tipo de cambio solicitado, puede que no sea posible realizar cumplir con lo pedido producto de que no hay factibilidad para conseguir la materia prima necesaria, o los insumos o la planta ya no tiene capacidad disponible.

Por otro lado, cuando es el área productiva la que tiene que realizar los ajustes al plan comercial, es la reunión de suministro donde se informan los cambios, esto le deja generalmente un plazo bastante acotado al planificador comercial (1 semana) para conversar con los distintos clientes y/o sucursales y ofrecerles algún producto alternativo. Esta tarea se hace especialmente compleja si los cambios afectan la primera o segunda semana del mes a planificar.

Finalmente, el proceso de planificación y validación productiva de cecinas en Agrosuper no tiene la capacidad de simular distintos escenarios productivos. El proceso solo planifica y valida productivamente la versión inicial del plan comercial, instancia que demora cerca de 4 días hábiles en total. Bajo esas condiciones planificar o simular algún otro escenario productivo se hace inviable, ya que, esta tarea requeriría un tiempo similar.

A modo de resumen, en todos los criterios seleccionados existe un espacio de mejora considerable. En la tabla 4 se pueden las principales brechas detectadas en el proceso.

Tabla 4. Resumen de brechas del proceso. Elaboración propia

Criterio	Análisis
Integración	Medio
Comunicación estratégica-táctica-operativa	En una dirección, de lo estratégico a lo táctico operativo
Flexibilidad	Bajo
Simulación	No hay simulación

3.4.2 Conclusiones del proceso actual

A modo de síntesis, el proceso actual de planificación validación productiva se puede caracterizar como un proceso centrado en cumplir con el plan comercial y con un horizonte a un mes (operativo). Es un proceso poco eficiente, ya que, todo lo que se planifique posteriormente, esto es producto de la gran brecha de información que hay entre el planificador industrial de cecinas y los jefes de cada planta.

4. Rediseño del proceso

Finalizada la primera parte de este trabajo que consistió en la investigación y análisis actual del proceso del proceso de planificación y venta de cecinas, el siguiente paso es proponer un rediseño que se haga cargo de dificultades y oportunidades detectadas.

4.1 Brechas abordadas

En el capítulo anterior se analizó el proceso de planificación de la producción de cecinas bajo 4 elementos claves que están presentes a la hora de analizar la gestión dentro de una cadena de suministro. El rediseño que se propone en este capítulo busca abordar las brechas detectadas, pero con distintos niveles de prioridad, en base a la naturaleza del proceso y a los criterios existentes en la bibliografía y discutidos con la organización.

El primer punto para mejorar en el proceso es la integración dentro de la cadena, en particular se requiere incluir información productiva en la toma de decisiones comerciales a un nivel táctico estratégico. Quien tiene esta misión es la subgerencia de planificación industrial, sin embargo, como se presentó en el capítulo anterior, esta área maneja una cantidad bastante limitada de información, delegando una parte importante de las decisiones productivas a las plantas. Para tener un proceso con mayor integración el primer paso es traspasar la información productiva desde las plantas hacia la subgerencia de planificación industrial.

Una vez la subgerencia de planificación maneje más información productiva, el proceso de validación por parte de las plantas productivas requerirá menos tiempo o simplemente no será necesario, ya que, el planificador de cecinas planificará considerando gran parte de las restricciones productivas. Estos cambios significaran una disminución en los tiempos dentro del proceso, lo que le dará una mayor flexibilidad.

Finalmente, la tarea de planificar la producción es algo que también se abordará en el rediseño. Bajo las tecnologías actuales disponibles en el mercado, no se explica que haya una persona que este planificando con una hoja de Excel la producción del mes siguiente, principalmente porque es un riesgo muy grande dejar en manos de la persona una tarea que requiere realizar gran cantidad de cálculos y sobre todo por que toma una gran cantidad de tiempo. Esta labor debiese ser automatizada y de esa forma reducir los tiempos, permitiéndole a la cadena de suministro planificar distintos escenarios productivos y de esa forma tomar mejores decisiones.

Los flujos de información desde el conocimiento generado en el horizonte operativo y las decisiones estratégicas no se abordarán en el rediseño producto de que el proceso estudiado tiene un alcance máximo de 3 meses.

4.2 Flujo del nuevo proceso

El detalle acerca de la propuesta de rediseño de proceso puede verse en la figura 15.

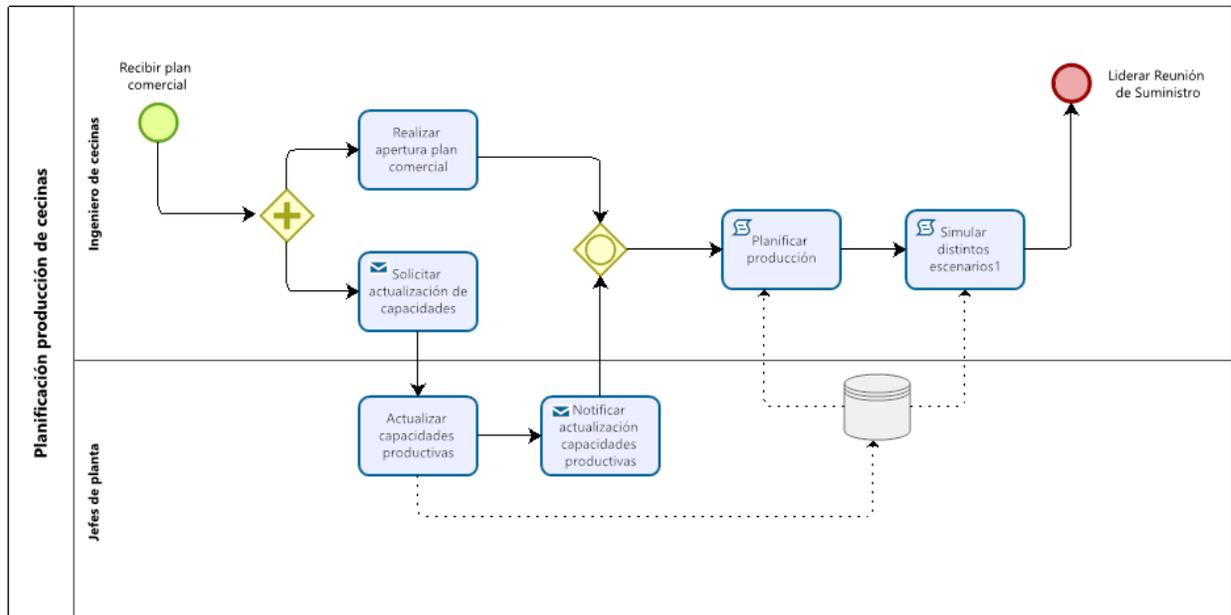


Figura 14. BPMN propuesta de rediseño. Elaboración propia

4.3 Descripción del nuevo proceso

El proceso propuesto comienza con la recepción del plan comercial por parte del planificador de cecinas. Luego él realiza dos tareas en paralelo, la primera consiste en la apertura del plan comercial por planta y por día. La segunda es realizar la solicitud de actualización de las capacidades productivas de ambas plantas (EAD y Sopraval) para el mes siguiente. Los jefes de ambos centros productivos reciben la solicitud, actualizan las capacidades y notifican al planificador la ejecución de esta tarea. La información respecto a las capacidades productivas es almacenada y gestionada a través de una infraestructura diseñada para este objetivo.

Una vez notificado de la actualización, el planificador de cecinas planifica la producción de cecinas de ambas plantas para el mes siguiente. Esta tarea la realiza a través de una herramienta de planificación que se alimenta de las capacidades productivas previamente actualizadas. Luego de la planificación del plan comercial, el planificador de cecinas realiza una serie de simulaciones de distintos escenarios productivos, esto con el objetivo de analizar el impacto que podrían generar en desde el punto de vista productivo cambios al plan de ventas original. Estas simulaciones permitirán adelantarse al efecto que pueden tener cambios durante el mes planificado.

Tanto la planificación productiva del plan comercial como los análisis que se realizan de las distintas simulaciones son presentadas por el planificador de cecinas en la reunión de suministro.

4.4 Soporte del nuevo proceso

El proceso presentado en este capítulo requiere de un soporte tanto a nivel de personas, herramientas, plazos entre otros elementos para su funcionamiento. Uno de los mayores

cambios propuestos en relación con el proceso original es el grado de integración que tiene la información productiva dentro de la cadena de suministro y también la automatización de la planificación productiva. Con las herramientas que actualmente se utilizan en el proceso no es posible generar el grado de integración y automatización deseado, es por esto por lo que se hace necesario buscar nuevas herramientas que cumplan esta función.

En particular, las dos nuevas funciones que se requieren en el nuevo proceso es, en primer lugar, el acceso de forma rápida a la información productiva por parte del planificador de cecinas. En segundo lugar, está la automatización de la planificación de productiva. Estas dos funcionalidades serán las que se analizarán al momento de elegir que herramienta utilizar en este proceso.

4.4.1 Elección de herramienta

Para seleccionar la herramienta a utilizar lo primero es definir qué tipo de sistemas se analizarán, considerando el tamaño de Agrosuper y que se espera que los cambios propuestos para cecinas sean escalables al resto de los negocios, la herramienta a utilizar tiene que poder trabajar con empresas de gran tamaño.

Teniendo esto en consideración, se seleccionaron 3 proveedores (Logility, SAP y Oracle) especializados en la planificación dentro de la cadena de suministro y que tienen experiencia trabajando con empresa del tamaño de Agrosuper. En particular, se analizaron los módulos Logility Solutions, SAP Industrial Business Planning y Oracle Supply Chain Management Cloud. Los datos utilizados para realizar la comparación fueron obtenidos a través de la consultora G2, especializada en la comparación de distintos tipos de softwares a través de reseñas hechas por usuarios y validadas por la institución.

A partir de las dos nuevas funciones incorporadas del proceso y también la importancia de generar información de calidad que pueda ser utilizada en un ámbito estratégico, se definieron 3 categorías: Uso, características analíticas y gestión de producción. Cada una de estas categorías a su vez tiene una serie de criterios en los cuales se midió el desempeño de cada una de las soluciones tecnológicas. En la tabla 5 pueden observarse los resultados entregados por la consultora.

Tabla 5, Resumen análisis de herramienta. Fuente (G2, 2021)

Categoría	SCM Cloud	SAB IBP	Logility
Uso	7.7	7.9	8.0
Facilidad de Uso	7.9	7.9	8.7
Facilidad de instalación	7.6	8.1	7.1
Facilidad de administración	7.5	7.8	8.2
Características analíticas dentro de cadena de suministro	8.3	8.5	7.9
Seguimiento de la información	8.3	8.3	7.7
Recolección de datos	8.3	8.4	7.9
Reportes para el negocios	8.3	8.7	8
Gestión de producción	8.4	8.3	8.6
Planificación de producción	8.4	8.1	8.2
Automatización del proceso	8.4	8.4	9

De este análisis preliminar, se puede observar que no hay ninguna herramienta que destaque en todas las categorías, además todas tienen muy buena calificación (nota de 1 a 10) en general. Producto de que a nivel de características de la herramienta no hay ninguna que marque grandes diferencias, se realizó un segundo análisis considerando los costos esperados de implementación tanto a nivel de recursos monetarios como los tiempos necesarios estimados.

Es en esta arista que SAP-IBP tiene una gran ventaja sobre los competidores, esto es a causa de dos puntos principalmente. El primero tiene que ver con la conectividad de SAP-IBP con el resto de los sistemas de información de la empresa, SAP es el principal proveedor de softwares de Agrosuper y en particular el área productiva utiliza los módulos SAP BWP y SAP ECP para gestionar la información productiva y de stocks. Conectar IBP con el resto de los módulos de SAP es considerablemente más fácil que realizar esta labor con las herramientas diseñadas por otras compañías y que utilizan otra estructura de datos.

El segundo punto donde SAP IBP tiene ventaja sobre sus competidores es en relación con el costo monetario de implementación, Agrosuper hace aproximadamente 3 años compró el módulo de SAP IBP. Sin embargo, éste no es utilizado en el negocio de cecinas si no que se utiliza en crudos y para realizar pronósticos de demanda (otra función disponible de IBP). Es por esta razón que implementar IBP para realizar la planificación de la producción de cecinas tendría un menor costo que el de sus competidores, ya que, no sería necesario incurrir en gastos de adquisición del software.

A modo de síntesis, la herramienta escogida en el rediseño es SAP-IBP, principalmente debido a que los costos de implementación serían menores que las de sus dos competidores analizados y con características similares.

4.4.2 Tiempos y responsables

Considerando el uso de SAP IBP, a continuación, se presentan los plazos y tiempos esperados de cada actividad dentro del nuevo proceso junto con los responsables. La primera actividad dentro del proceso es la recepción del plan comercial que generalmente se realiza entre el día 13 y 18 de cada mes. El planificador industrial una vez recibido el plan solicita a los dos jefes de planta que actualicen las capacidades productivas en el sistema, el plazo para realizar esta actividad es de dos días hábiles. En paralelo a las actualizaciones de las capacidades, el planificador industrial realiza la apertura del plan comercial requiere 20 minutos al igual que en el proceso original.

Una vez realizada la apertura del plan comercial y recibida la notificación de las capacidades productivas, el planificador realiza la planificación productiva del mes siguiente para ambas plantas mediante SAP-IBP. Considerando la capacidad de procesamiento de datos del software y tomando como referencia el tiempo que se demora el módulo de pronóstico de demandas de SAP-IBP crudos se estima que el tiempo de planificación de cada será de 20 minutos.

La etapa final del proceso que consiste en la simulación de escenarios se estima que demore 4 horas, ya que, en primer lugar, se realiza un breve análisis de los resultados de IBP y luego se realizan como mínimo 2 simulaciones para cada planta. El resumen de los tiempos del proceso diseñado están en la tabla 6.

Tabla 6. Resumen de tiempos del nuevo proceso. Elaboración propia

Actividad del proceso	Herramienta	Tiempo	Responsable
Actualización de capacidades productivas	SAP-BWP	2 días(plazo)	Fernando Gómez (Sopraval) Dorian Arenas (EAD)
Apertura del plan comercial	Excel	20 minutos	Patrick Peña
Planificación productiva	SAP-IBP	40 minutos	Patrick Peña
Simulación de escenarios productivos	SAP-IBP	4 horas	Patrick Peña

4.4.3 Sistema de control

Al igual que en el proceso original, el primer indicador de resultado del proceso será el MAPE productivo, este mide las diferencias entre el plan comercial original y la producción real del mes en cuestión.

$$MAPE_{productivo} = \frac{|Plan\ comercial - Producción|}{Plan\ comercial}$$

Este nuevo proceso permite incorporar un nuevo indicador de resultado, ya que, hay un mayor grado de integración de la información. Esta nueva medición tiene como objetivo darle visibilidad a la capacidad ociosa que existe en las plantas productivas a nivel mensual. Como se mencionó un anteriormente, la producción de cecinas no se realiza en líneas continuas, por lo que para realizar la estimación de la capacidad productiva se tendrá que simular mediante IBP un escenario productivo que maximice la producción de los productos de cecinas.

$$Capacidad\ Ociosa = Capacidad\ Máxima - Producción$$

Este nuevo indicador permitirá de forma fácil ver cuál es el grado de utilización de las capacidades productivas y en base a eso tomar decisiones tanto comerciales como productivas, es importante mencionar que esta medición también se segmentara según las distintas líneas de productos (jamones, pechugas, laminados, salchichas, etc).

5. Implementación y análisis del piloto

La implementación del nuevo proceso presentado en el capítulo anterior requiere recursos y un tiempo prolongado para llevarse a cabo. Es por esto, que antes de implementar de manera completa el nuevo proceso se desarrolló un piloto, este tenía como objetivo principal validar algunos supuestos utilizados en desarrollo del nuevo proceso y también en disminuir la brecha de información que existía entre las plantas productivas y la cadena de suministro.

Las dos principales hipótesis que busca responder este piloto es en primer lugar la existencia de una capacidad productiva ociosa en las plantas de cecinas, la segunda es que disminuyendo la brecha de información entre la cadena de suministro y las plantas productivas es posible automatizar la planificación de la producción.

El piloto fue diseñado en cuatro etapas, la primera es el levantamiento de información productiva desde ambas plantas. Esto es con el objetivo de conocer en detalle cómo es la producción de cada producto y discernir sobre cuales elementos son los más importantes a considerar por parte del planificador industrial para planificar la producción. Luego viene la etapa de modelamiento, donde se organiza la información recopilada anteriormente y se modela a través de un MILP (Mixed Integer Linear Programming). Este tipo de modelos según como se presentó en el marco conceptual es muy utilizado para planificar la producción en diversas industrias.

Una vez realizado el modelo, el siguiente paso es el desarrollo de una herramienta a modo de MVP⁵ (producto mínimo viable) que permita planificar la producción, lo importante de este paso más allá de la herramienta en sí y los resultados que esta genere es todo el aprendizaje que se obtuvo en su desarrollo. Todo el conocimiento adquirido en esta etapa se verá reflejado en el plan de la implementación.

El piloto finaliza con una estimación de la capacidad productiva a través del uso del MVP desarrollado y un contraste con la producción real para los periodos anteriores y también con las metas comerciales definidas por el área comercial. El resumen del piloto diseñado puede verse en la figura 16.

⁵Abreviatura proveniente del idioma ingles: Minium Viable Product (MVP)

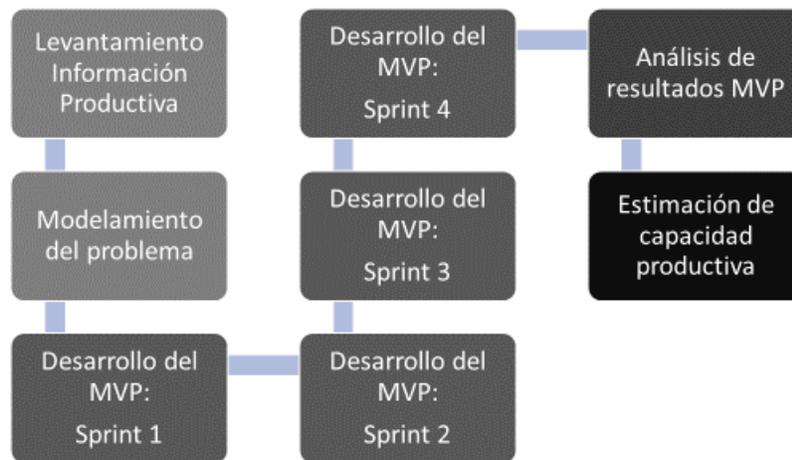


Figura 15. Resumen del Piloto. Elaboración Propia

5.1 Levantamiento de la información productiva

El proceso de levantamiento de la información productiva constó en una primera instancia de una serie de entrevistas en profundidad con los jefes de cada planta productiva. En estas reuniones participaron el jefe de planta respectivo, el estudiante Martín Núñez y en algunos casos el planificador de cecinas Patrick Peña. Estas instancias tuvieron como principal objetivo la revisión en detalle del proceso productivo de cecinas en cada una de las plantas, conocer la distribución de las distintas máquinas y estaciones de trabajo dentro de las plantas y como la dotación dentro de las plantas afecta la capacidad.

Como complemento a las entrevistas también se hizo una revisión detallada de una serie de documentos internos de las plantas. En primer lugar, se revisó la planilla de planificación que utilizan los jefes de cada planta, en ellas se realizaba la validación productiva del plan entregado por el planificador de cecinas en el proceso original. Luego se revisaron los diagramas de flujos de las distintas familias de productos y también los documentos de trabajo de los productos. Estos informes contienen información detallada de todas las actividades necesarias para la producción de cada elemento y su principal objetivo es ordenar la información productiva de cada producto para ser presentada en las diversas auditorías realizadas a las plantas a lo largo del año.

Esta primera etapa del piloto tiene como objetivo incorporar la información productiva de las plantas hacia la cadena de suministro, para esto se realizaron diagramas de flujos para cada familia de productos en cada planta, en los cuáles se pueden ver de manera simple cuáles son las principales estaciones de trabajo por las que pasa cada producto. Complementando los diagramas, se realizaron planillas de rendimientos de los distintos productos en cada una de las etapas por las que pasan.

Estos diagramas vienen a condensar la información levantada de las entrevistas y los documentos revisados y tienen un carácter informativo y enfocado a que el planificador de cecinas o cualquier persona de la cadena de suministro entiendan a grandes rasgos cuál es el

proceso productivo de cada grupo de cecinas. Estos documentos muestran una versión simplificada del proceso, considerando la información más relevante de cara a la planificación de la producción, en el anexo 6 es posible ver un ejemplo del diagrama original y uno diseñado para la cadena de suministro.

En la tabla 7 presentada a continuación se ve un ejemplo de las plantillas con la información productiva, estas fueron creadas para sintetizar la información. Esta muestra corresponde al grupo de jamones grado 2 que se elaboran en la Planta EAD.

Tabla 7. Resumen proceso Productivo Jamones G2 EAD. Elaboración propia

Fórmulas		Productos terminados
	3040155	1040553 Jamon Piena G2 # SC
	3040151	1040552 Jamon Ahumado G2# SC
	3040147	1040551 Jamon Acaramelado G2# SC
Estación de trabajo	Maquina	Capacidad
Inyeccion	Movistick	30 toneladas por turno
Masajeado	Tubler 2X	2 batchs por ciclo (8hrs)
Reposo	Camara de Jamones	40 posiciones
Embutido	Handtman IV	2 batch por turno(9 hrs aprox)
Prensas	-	72 diarias
Cocción	Horno Ahumador Vemag	4 piezas
Enfriado	Duchas y camara de frío	3 duchas y 15 piezas en camara
Empaque	B610	2 turnos (rendimiento dependi
Codificado	Linea de codificado	* solo se usa si B610 falla

5.2 Modelamiento del problema

Luego de realizar el levantamiento de información acerca del proceso productivo de los distintos productos que se elaboran en ambas plantas de cecinas en Agrosuper, el siguiente paso es el de realizar el modelamiento del problema. Para esto se hará uso de los diagramas de flujos de las distintas familias de productos y de las planillas elaboradas en la sección anterior.

El problema por modelar consiste en la planificación de la producción de cecinas. Dentro de la literatura de gestión de operaciones, este tipo de problema es denominado como “programación de operaciones”. En particular, dentro de la industria alimentaria, la programación de operaciones se realiza a través de modelos de programación lineal entera o mixta (MILP)⁶. Es por esta razón que la planificación de la producción de cecinas en Agrosuper se modelará a través de un modelo de programación lineal mixta.

5.2.1 Problema y función objetivo a modelar

La producción de cecinas en Agrosuper responde a un modelo similar al “Make to Stock”, la organización busca mantener un stock óptimo de cada uno sus productos a lo largo de todo el mes. El valor numérico de “stock óptimo” es calculado anualmente por el equipo de planificación industrial. Como se puede ver en la figura 17, el stock objetivo varia dentro de cada uno de los productos, dependiendo de los criterios escogidos por el equipo de planificación industrial.

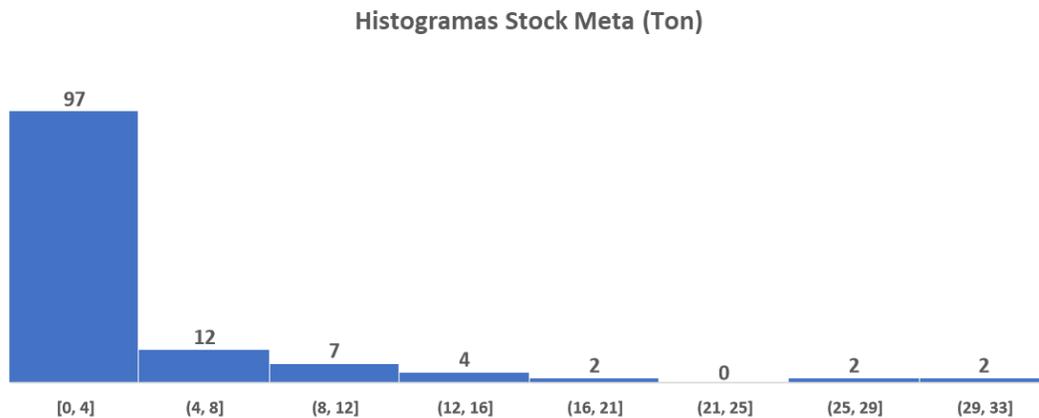


Figura 16. Histograma Stock óptimo. Fuente: Planificación Industrial Cecinas Agrosuper

El encargado de velar por que el stock diario de cada producto sea lo más cercano al stock meta es el planificador de cecinas. Él, a través, de la planificación de la producción diaria de cada producto busca mantener el stock meta, considerando las ventas diarias estimadas en el plan comercial. Como se puede en la figura 18, dentro de la planificación mensual a lo largo del mes hay una variación bastante grande en el stock total de los productos en planta proyectados por el planificador en base a su planificación mensual.

⁶ Revisar Marco Teórico para mayor detalle

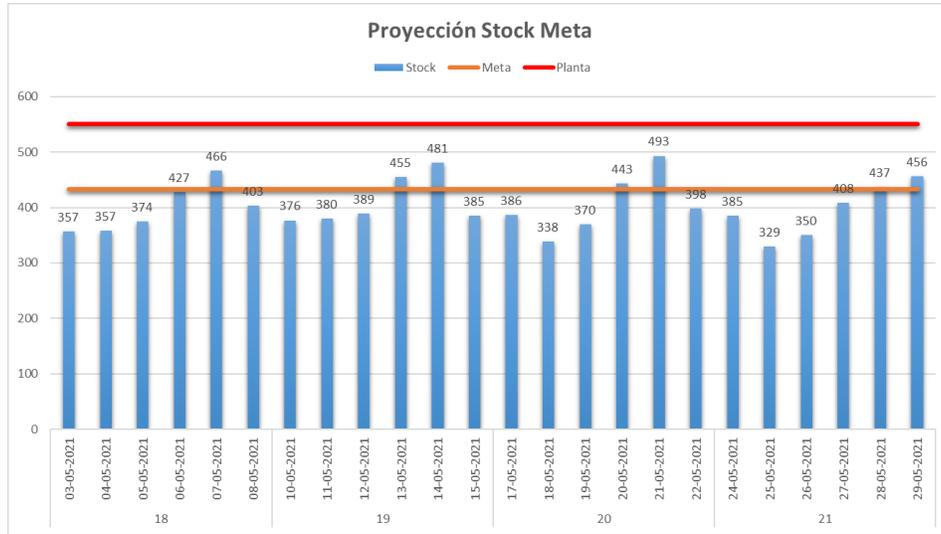


Figura 17. Proyección Stock Meta. Fuente Planificación Industrial Agrosuper

Considerando todos los elementos mencionados anteriormente, se definió como principal objetivo del modelo la disminución de la diferencia entre el stock diario y el stock meta de cada uno de los productos, en cada uno de los días del mes. Por ende, en una primera instancia la función objetivo quedaría de la siguiente manera:

$$(1) \min: \sum_t^T \sum_i^I |S_{it} - S_{meta_{it}}| ,^7$$

5.2.2 Variables de Decisión

Considerando que el objetivo de este modelo consiste en mantener un stock óptimo a lo largo del mes, las dos variables de decisión que se definieron son: la cantidad que se producirá de cada producto en cada día y la cantidad de stock o inventario que habrá de cada producto en cada periodo a planificar.

s_{it} : cantidad de stock del producto i en el periodo t

x_{it} : cantidad producida del producto i en el periodo t

5.2.3 Restricciones

A la hora de planificar la producción, el planificador de cecinas tiene una serie de consideraciones desde el punto de vista productivo, el modelo tiene que incorporar estas restricciones y también incluir aquellas que no son consideradas por el planificador de cecinas pero que si se visualizaron como importantes en el levantamiento de información.

La primera restricción para considerar es el tamaño del lote productivo, cada producto tiene un tamaño batch, esto se debe principalmente a las maquinas que se utilizan a lo largo de la producción. Como se puede ver en la figura 19, los tamaños de los batchs varían bastante,

⁷ El conjunto T corresponde a todos los periodos de tiempo y el conjunto I a todos los productos a planificar, el detalle del modelo se encuentra en el anexo 6.2.

generalmente las pechugas al ser piezas enteras se producen en lotes de mayor tamaño y los productos laminados son los que tienen segmentos más pequeños.

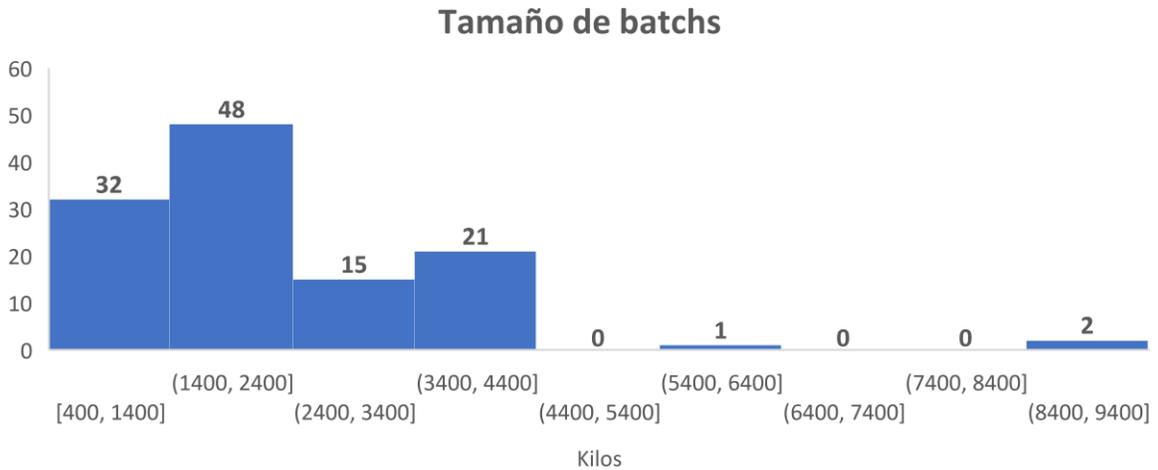


Figura 18. Histograma tamaño de batch. Fuente: Planificación Industrial Agrosuper

Esta restricción se representa en la ecuación (2), donde la producción del producto i en el periodo t tiene que ser un múltiplo del tamaño del batch de dicho producto.

$$(2) x_{it} = n * batch_i, \forall i \in I, \forall t \in T \text{ y } n \in N$$

El segundo conjunto de restricciones a considerar son las capacidades productivas de las distintas máquinas por las que pasan todos los productos. Como se pudo ver la sección anterior, los flujos dentro de la planta dependen son diferentes para cada producto y no son líneas continuas si no que estaciones de trabajo. Es por esta razón que para cada máquina o estación de trabajo se definirá una restricción como la presentada en la ecuación (3), donde la suma de la producción diaria de todos los productos que pasan por la maquina m , tienen que ser menor que la capacidad de dicha estación.

$$(3) \sum_{i \in I_m} x_{it} \leq Capacidad_m, \forall i \in I \text{ y } \forall t \in T$$

El tercer elemento clave a considerar en la producción son los flujos del stock o inventario en la planta. El stock diario tiene que ser la suma entre el stock del día anterior y la producción de ese día, a lo que se le resta la demanda de dicho periodo. En el caso del stock inicial o con el que se comienza a planificar, este es un parámetro que se tiene que estimar previamente, por lo que el modelo lo recibirá como un input, en la ecuación (4) se ve el flujo de stock y en la ecuación (5) el stock inicial.

$$(4) s_{it} = x_{it} * batch_i - demanda_{it} + s_{it-1}, \forall i \in I \text{ y } \forall t \in T \neq 1$$

$$(5) s_{i1} = n_{i1} * batch_i - demanda_{i1} + s_{i0}, \forall i \in I$$

En cuarto lugar, se encuentran las restricciones asociadas al tipo de masa que se utilizan como materia prima para la elaboración. Previo a la etapa de cocción, hay muchos productos que comparten la masa que utilizan, es por esta razón que dentro del modelo se definió una variable de decisión “auxiliar” que define la cantidad que se producirá de cada tipo de masa en cada periodo. La variable se denominará *Masa* y subíndice será *f* según la fórmula utilizada para elaborar dicha masa.

$$(6) \sum_{i \in I_f} x_{it} = Masa_{ft} , \quad \forall t \in T$$

Finalmente, el último conjunto de restricciones a considerar son las capacidades productivas y de almacenamiento de las plantas. Todo el inventario se almacena en la planta de EAD, este no puede superar las 530 toneladas diarias. En relación con la capacidad máxima de producción, esta varía según el día de la semana. Quedando ambas restricciones de la siguiente manera:

$$(7) \sum_{i \in I} s_{it} \leq 350.000 , \quad \forall t \in T$$

$$(8) \sum_{i \in I} x_{it} \leq ProducciónMáxima_t , \quad \forall t \in T$$

5.2.4 Elementos para priorizar

Un elemento muy importante a la hora de modelar este tipo de problemas de programación de operaciones, son los criterios necesarios para priorizar que producto escoger en caso de que se active una restricción. Sin embargo, ni en la etapa de análisis de la situación actual, ni en la inicial del piloto se mencionó alguna categoría o criterio objetivo para determinar que producto escoger en caso de que se sobrepasara la capacidad de algún un cuello de botella.

El procedimiento que generalmente se realizaba en estos caso era el siguiente; el jefe de planta le avisa al planificador industrial de cecinas que el plan productivo supera la capacidad de uno o más cuellos de botella y que tiene que disminuir la producción de algunos productos, el planificador industrial se reúne con el planificador comercial y le pregunta que productos priorizar según su criterio y es el planificador comercial quien decide que productos producir en base la información y experiencia que él maneja.

Con el objetivo de encontrar criterios objetivos que permitiesen modelar como priorizar algún producto u otro, se generaron dos reuniones en las cuales participaron el jefe planificación industrial de procesados, el planificador comercial de procesados, el

planificador de cecinas y el equipo de negocios de cecinas. En estas instancias se definió que el primer criterio para priorizar productos es el margen de venta que genera cada producto para la compañía.

Además, se acordó utilizar una clasificación que existe dentro de la compañía pero que hasta el momento no se utilizaba en el área productiva. Esta categoría segmenta los productos con una A, una B o una C dependiendo de qué tan importante son para la compañía según una serie de criterios, los productos A son los más importante y los C los menos importantes.

Para incluir en el modelo esta información se modificó en primer lugar la función objetivo de tal forma que considere el margen de cada producto. En segundo lugar, se definió el “grado de satisfacción del stock óptimo”, que consiste en el cociente entre el stock diario de cada producto y el stock meta, este indicador tiene que ser mayor para los productos con mayor importancia para el negocio. A continuación, se presenta la función objetivo modificada y la nueva restricción.

$$(1 *) F.O. \min: \sum_t^T \sum_i^I |S_{it} - S_{meta_{it}}| * margen_i$$

$$(9) \frac{\sum_{i \in IC} S_{it}}{\sum_{i \in IC} S_{meta_i}} \leq \frac{\sum_{i \in IB} S_{it}}{\sum_{i \in IB} S_{meta_i}} \leq \frac{\sum_{i \in IA} S_{it}}{\sum_{i \in IA} S_{meta_i}}, \forall i \in I \text{ y } \forall t \in T$$

5.2.5 Modelo Final

Considerando todos los elementos descritos en las secciones anteriores, el modelo para programar la planificación de la producción quedo de la siguiente manera:

1.1 Conjuntos

I: Conjunto de sku's de productos terminados del sector cecinas.

M: Conjunto de máquinas(cuellos de botella) del sector de cecinas.

T: Conjunto de periodos de tiempo.

F: cantidad de masas a planificar.

J_{mi}: Conjunto de productos que se pasan por la máquina m. $\{i \in I: ML_{im}=1\}$

MM_i: Conjunto de máquinas por las que pasa el producto i. $\{i \in I: ML_{im}=1\}$

Ip: Conjunto de sku's de productos terminados del sector cecinas que pertenecen a parrilleros.

Il: Conjunto de sku's de productos terminados del sector cecinas que pertenecen a Laminados.

Im: Conjunto de sku's de productos terminados del sector cecinas que pertenecen a Mortadelas.

Ia: Conjunto de sku's de productos terminados del sector cecinas que pertenecen a Arrollados.

Is: Conjunto de sku's de productos terminados del sector cecinas que pertenecen a salchichas.

IA: Conjunto de sku's de productos terminados del sector cecinas que pertenecen a clasificación A.

IB: Conjunto de sku's de productos terminados del sector cecinas que pertenecen a clasificación B.

IC: Conjunto de sku's de productos terminados del sector cecinas que pertenecen a clasificación C.

1.2 Parámetros

Batch_i: Batch productivo del sku i (lote mínimo de producción) [kg].

d_{it}: Demanda esperada del sku i en el periodo t [kg].

sm_i: stock meta de seguridad del sku i [kg].

Ma_i: margen del sku i [kg].

Inv_{i0}: Inventario inicial del sku i [kg].

CM_{mt}: Capacidad de la maquina m en el periodo t [kg/día].

Capacidad Máxima: Capacidad del día [kg/día]

MI_{im}

$= \begin{cases} 1 & \text{Si el sku i se pasa por la máquina m} \\ 0 & \text{en otro caso.} \end{cases}$

1.3 Variables de Decisión

x_{it}: Cantidad de producida del producto i en el periodo t [kg].

s_{it}: Cantidad de inventario del producto i en el periodo t [kg].

Masa_{ft}: Cantidad de masa producida de la fórmula f en el periodo t

1.4 Función Objetivo

La función objetivo es minimizar las desviaciones entre el stock meta y el stock que hay al final de cada día.

$$\min: \sum_t \sum_i |S_{it} - S_{meta_{it}}| * margen_i \quad (1)$$

1.5 Restricciones

La producción de un producto tiene que respetar el tamaño de batch (2).

$$(2) x_{it} = n * batch_i, \forall i \in I, \forall t \in T \text{ y } n \in N$$

No se puede sobrepasar la capacidad de los cuellos de botella (3).

$$(3) \sum_{i \in I_m} x_{it} \leq Capacidad_m, \forall i \in I \text{ y } \forall t \in T$$

Los inventarios tienen que respetar los flujos definidos según la demanda y la producción (4) y (5).

$$(4) s_{it} = x_{it} * batch_i - demanda_{it} + s_{it-1}, \forall i \in I \text{ y } \forall t \in T \neq 1$$

$$(5) s_{i1} = n_{i1} * batch_i - demanda_{i1} + s_{i0}, \forall i \in I$$

La masa producida f tiene que ser igual mayor o igual la suma de la producción de los productos que utilizan dicha fórmula(6).

$$(6) \sum_{i \in I_f} x_{it} \leq Masa_{ft}, \forall t \in T$$

El stock en planta no puede superar los 350.000 kilogramos (7).

$$(7) \sum_{i \in I} s_{it} \leq 350.000, \forall t \in T$$

La producción diaria tiene que ser menor al máximo definido para ese día (8).

$$(8) \sum_{i \in I} x_{it} \leq ProducciónMáxima_t, \forall t \in T$$

La naturaleza de las variables se explica en la restricción 9.

$$Masa_{ft}, x_{it}, s_{it} \geq 0 \quad \forall i \in I, m \in M, t \in T \quad (9)$$

5.3 Desarrollo del modelo (MVP)

Una vez definido el modelo para planificar la producción, se procedió a desarrollar éste en una plataforma y de esta forma analizar la factibilidad de automatizar el proceso de planificación de la producción.

El software escogido fue Gurobi. Gurobi es una herramienta o “solver” desarrollado especialmente para la resolución de diversos problemas matemáticos mediante la optimización. En particular, se escogió la versión de Gurobi 9.1 y el modelo fue escrito en el lenguaje de programación conocido como Python.

Para desarrollar el modelo se utilizó la metodología SCRUM, si bien el tamaño del proyecto no requiere de un equipo de trabajo, si se definieron 4 sprints, cada uno con distintos objetivos. El memorista hizo la tarea de desarrollador, el planificador de cecinas fue el Scrum Master y el jefe de planificación de procesados el Product Owner (Dominguez).

El uso de esta forma de trabajo tuvo como principal objetivo hacer una revisión detallada de los resultados entregados por el modelo al final de cada sprint por parte de las personas que realizan la planificación de la producción.

5.3.1 Preparación de datos

El primer sprint consistió en la preparación de los datos, toda la información levantada en la etapa inicial del piloto se almacenó en distintas bases de datos según el tipo de información que contenían. El objetivo de esto es poder de fuentes externas al modelo y así hacer cambios a la mayoría de los parámetros sin necesidad modificar el código.

En esta instancia se tomó la decisión de generar dos modelos, uno para cada planta. Esto se debe a que la forma en que se produce en cada planta difiere en algunos elementos como lo son las capacidades diarias.

La primera base de datos es el “maestro de materiales”. Esta contiene la información de todos los productos que se producen en las respectivas plantas. Dentro de la esta base se encuentra la información acerca del tamaño del batch de cada producto, su clasificación productiva, la masa por la que se forma y el rendimiento que tiene en los distintos cuellos de botella o estaciones de trabajo. En la figura 20 se puede ver un ejemplo de la base de materiales de la planta EAD.

Código	Descripcion	Duración	Batch	Clasificacion	B610	Desmolde	R-240	MV1	R-245	Meson
1040017	Mortad Fina# SC	60	1,620	Mortadelas	0	1	0	0	0	0
1040018	Mortad Alemana# SC	60	2,400	Mortadelas	0	1	0	0	0	0
1040019	Mortad Jamonad# SC	70	3,501	Mortadelas	0	1	0	0	0	0
1040021	Salchichon Cerv 75# SC	60	2,310	Mortadelas	0	1	0	0	0	0
1040128	Mortad Ave Pimenton# S	48	2,001	Mortadelas	0	1	0	0	0	0
1040129	Mortad Fina Pollo# SP	48	1,911	Mortadelas	0	1	0	0	0	0
1040800	Jamonada Prr# Cj 15k S	80	3,300	Mortadelas	0	1	0	0	0	0
1040598	Mortad Jamonad Pavo# K	70	3,702	Mortadelas	0	1	0	0	0	0
1040005	Jamonada Pollo# SP	58	3,362	Mortadelas	0	1	0	0	0	0
1040794	Jamonada Media Pieza#	58	550	Mortadelas	0	1	0	0	0	0
1040551	Jamon Acaramelado# SC	35	1,650	Fiambre-Jam	1	0	0	0	0	0
1040552	Jamon Ahumado# SC	35	1,650	Fiambre-Jam	1	0	0	0	0	0
1040553	Jamon Pierna# SC	35	1,650	Fiambre-Jam	1	0	0	0	0	0
1040796	Jamon Artes 1/2 Pza# 5x	50	1,800	Fiambre-Jam	0	0	0	0	0	1
1040591	Jamon Artes# SC	50	1,800	Fiambre-Jam	1	0	0	0	0	1

Figura 19. Extracto de maestro materiales planta EAD. Elaboración propia

La segunda base de datos es la que almacena la capacidad de los cuellos de botella, es muy importante declarar que estas capacidades varían según la dotación de las plantas y que al momento de definir los valores para utilizar en el modelo hubo bastantes discrepancias porque el planificador industrial tenía valores distintos a los que manejaban los jefes de plantas y estos también eran diferentes a los que se encontraban en el módulo productivo SAP-ECP (Employee Central Payroll). Luego de realizar una reunión con los jefes de planta, el planificador industrial de cecinas y el jefe de planificación de procesados, se acordó utilizar los valores que manejan los jefes de planta. En la figura 21, se puede apreciar un extracto de la base de datos que se elabora con la información entregada por los jefes de planta.

Cuello de botella	Capacidad	Descripcion	Otras Observaciones
MV1	4.5	Hora diarias	medio turno
MV R245	8400	Kilos_Maximos	medio turno
R240	7350	Kilos_Maximos	
Salchichas 5	12000	Kilos_Maximos	
Salchichas 20	15000	Kilos_Maximos	
Desmolde	20000	Kilos_Maximos	media dotación (1
B610	32000	Kilos_Maximos	
Meson	7200	Kilos_Maximos	
Laminados	4590	Kilos_Maximos	Solo en 1 turno de
Prensas	90	Cantidad de prensas en planta	

Figura 20. Extracto de base de capacidad cuellos de botella EAD. Elaboración propia

La tercera y cuarta base de datos son bastantes más simples que las anteriores, ya que, contienen información particular. Ambas son enviadas por el equipo de negocios y contienen la información respecto al margen en dólares que genera cada producto y la clasificación productiva.

Finalmente hay dos bases que son gestionadas por el equipo de planificación industrial; el stock meta de cada producto y los días productivos de cada mes. En particular, en la planta Sopraval la capacidad máxima productiva según qué día de la semana es. El resumen de todas las bases desarrolladas para alimentar el modelo se puede ver en la tabla 8.

Tabla 8. Resumen de bases datos. Elaboración propia

Nombre base datos	Perioricidad actualización	Responsable
Maestro materiales	Mensual	Patrick Peña
Capacidades productivas	Mensual	Jefes de planta
Clasificación ABC	Semestral	Negocios
Rentabilidad por producto	Mensual	Negocios
Stock Meta	Trimestral	Patrick Peña
Dias productivos	Mensual	Patrick Peña

5.3.2 Desarrollo del modelo

Los Sprints 2,3 y 4 están netamente enfocados en el desarrollo del modelo de planificación. La primera decisión que se tomó en este sentido es la generación de dos programas distintos, uno para cada planta. Esto se hizo con el objetivo de simplificar la escritura del código y el posterior proceso de optimización. Si bien ninguno de los productos de cecinas que actualmente produce Agrosuper puede elaborarse en ambas plantas, en caso de que esto ocurra a futuro, el planificador va a poder previamente a la ejecución del modelo determinar qué porcentaje de la demanda asignar a cada planta.

En el sprint 2 se hizo la carga las distintas bases de datos a Python y una versión simplificada del modelo donde: se programaron las dos variables de decisión (producción e inventarios diario de cada producto), se definió la función objetivo y también se incluyeron las restricciones asociadas a los flujos de inventario. Por simplicidad, la variable de decisión asociada a la producción diaria se definió como n_{it} , que es la cantidad de Bach del producto i producidos en el periodo t .

Luego de revisar estos resultados con el equipo de planificación se procedió a incorporar las restricciones de: stock máximo, capacidad máxima de producción diaria por planta y productos que comparten la misma masa.

Finalmente, luego de validar los resultados del sprint anterior se hizo incorporó al modelo las variables de las distintas estaciones de trabajo. Debido a la dificultad y tiempo que requiere incorporar de manera correcta todos las más de 60 estaciones de trabajo presentes en la producción, se tomó la decisión de escoger las que tienen mayor posibilidad de convertirse en cuello de botella, esta selección fue realizada por los jefes de planta en conjunto con el planificador de cecinas.

5.3.3 Uso y desarrollo MVP

La primera versión del MVP, que es la que se obtuvo como resultado de la implementación del piloto del rediseño de proceso fue desarrollada a través de un cuaderno de *Jupyter*. La

razón por la que se escogió esta herramienta fue producto de que Jupyter permite combinar de manera sencilla el código de programación junto a las explicaciones que coloca el desarrollador. Esto se realizó con el fin de que la persona encargada de utilizar la herramienta pueda entender cómo se está realizando la programación de la producción de cecinas.

Lo anterior es sumamente importante, ya que, la persona encargada de utilizar el MVP es el planificador industrial de cecinas, quien, si bien participo en el desarrollo de la herramienta entregando la información ayudando en el modelamiento, no maneja nociones de programación.

El planificador de cecinas define todos los parámetros a modelar en las 6 bases de datos almacenadas en Excel que se mencionaron en la sección anterior. Esto le permite cambiar de manera sencilla los parámetros del modelo sin necesidad de cambiar el código fuente de la herramienta.

Finalmente, cuando el planificador quiere correr el modelo, solo tiene que definir cuál será el tiempo máximo que definirá para que el MVP le entregue la solución. Como se mencionó anteriormente, la herramienta fue desarrollada en el lenguaje de programación de Python, utilizando principalmente la librería Pandas. Como complemento, se utilizó Gurobi para realizar el proceso de optimización.⁸

Esta versión desarrolla del modelo es bastante demandante a nivel de tiempo para realizar su optimización, ya que, cada planta tiene más de 3.000 variables de decisión para planificar la producción de un mes. Esto se debe a que en cada periodo de tiempo hay que definir la cantidad de stock y producción de cada producto, planificar la producción de cada masa y también se incluyó una variable auxiliar Z_{it} que permite transformar la diferencia entre el stock meta y el stock real en un valor absoluto (esta es la forma de trabajar el valor absoluto dentro de la función objetivo en Gurobi). En el anexo (5.2) se puede ver a modo de ejemplo la cantidad de variables la cantidad de variables que tiene una iteración. A modo de ejemplo, en un mes con 30 días, si se requieren planificar 60 productos, y 4 masas, la cantidad de variables de decisión necesarias son 5.490 (fórmula 10).

$$(10) \text{ Cantidad de variables} = T * (I * 3 + \text{masas a planificar})$$

$$\text{Cantidad de variables} = 30 * (60 * 3 + 4)$$

$$\text{Cantidad de variables} = 5.490$$

⁸ En link que está a continuación se puede observar cómo se ve el MVP que se utilizó para planificar la planta de EAD. (Acceder a través de Google Colaboratory)

https://drive.google.com/file/d/1KdtlcleQo4tGAsZlHXjFaSED-mAEQid_/view?usp=sharing

Para acceder al repositorio con las distintas bases de datos utilizadas en la planta de EAD, acceder al siguiente link:

<https://drive.google.com/drive/folders/1KqHVGzoOOTIW5USVNXO3ZDt1O27tTHGM?usp=sharing>

Es por esta razón que se optó por poner un tiempo máximo a la optimización realizada por el modelo, los tiempos escogidos fueron de 10 minutos para la planta Sopraval y de 18 para EAD. Estos plazos fueron determinados luego de analizar las diferencias encontradas en cada iteración y la “solución objetivo” entregada por el optimizador⁹. En la figura 22, puede verse la evolución de las distintas soluciones encontradas a través de una hora de optimización.

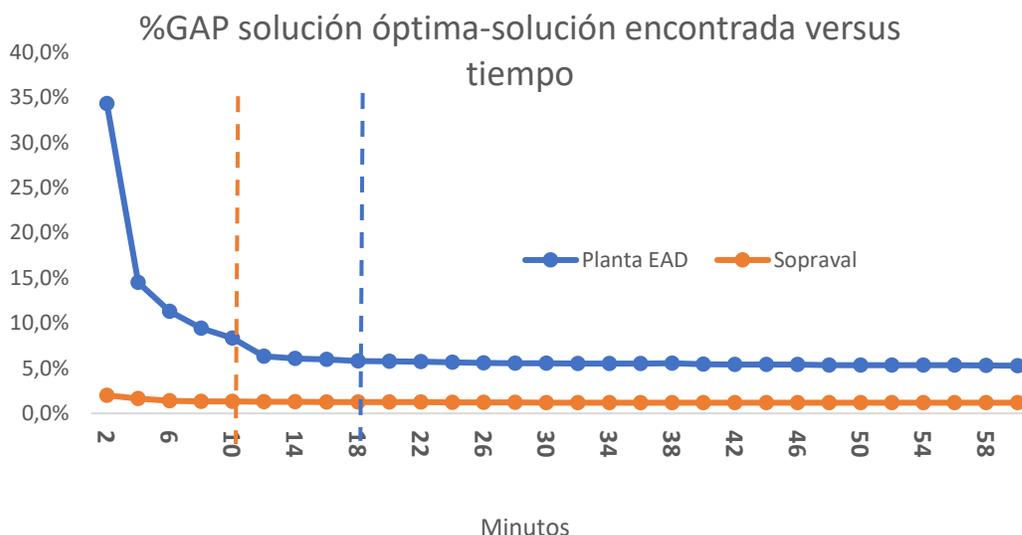


Figura 21. evolución de soluciones a través del tiempo. Elaboración propia

5.4 Análisis de resultados

El paso siguiente al desarrollo del MVP es la comparación de los resultados entregados por este con la planificación realizada por el planificador de cecinas. El análisis se realizó en base 3 indicadores utilizados por el planificador de cecinas a la hora de planificar la producción: satisfacción del plan comercial, cantidad de stock cada día y capacidad de los “cuellos de botellas”. También se incluirá en el análisis el tiempo utilizado en realizar la planificación. Los resultados presentados tanto por el modelo como por el planificador industrial se basaron en los mismos supuestos de capacidad y demanda para el mes de junio de 2021, específicamente el análisis abarco desde el martes 2 de junio al sábado 26 del mismo mes.

6.4.1 Producción mensual

El primer elemento para analizar es el volumen total planificado tanto por el planificador comercial como por el modelo. La línea base son las 2.237 toneladas demandas en el plan comercial entre el día 1 de junio y el 26 de junio. El planificador industrial de cecinas, en la primera versión del plan productivo para el mes de junio planifico 2.209 toneladas, lo que representa un 99% de lo demandado. En cambio, el modelo planifico 2.154 toneladas, lo que

⁹ Gurobi previo a la optimización del problema con todas las variables, ejecuta una optimización de un problema acotado. La solución encontrada al problema acotado sirve como referencia o solución objetivo a las soluciones que posteriormente se obtienen de las iteraciones del problema con todas las restricciones.

es ceca de un 96% de lo requerido. En la figura 23 se puede ver la comparación de los 3 planes.

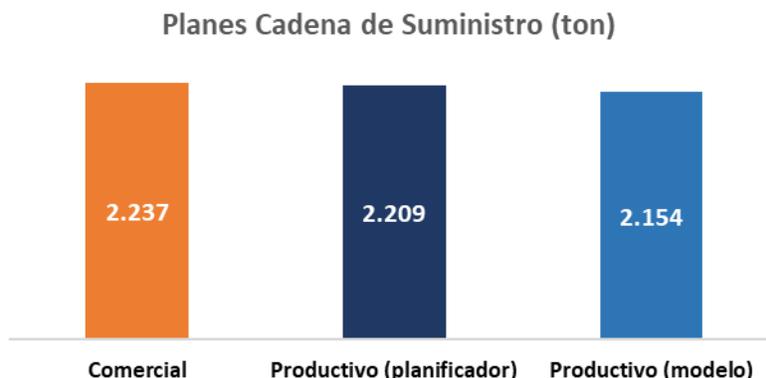


Figura 22. Comparación de planes. Elaboración Propia

5.4.2 Stock diario

El objetivo tanto del planificador como del modelo es buscar mantener el inventario diario de cada producto lo más cercano posible al inventario meta, como se puede apreciar en la figura 24, ambos planes tienen un inventario muy similar hasta el día 15 de junio. A partir de esa fecha el modelo mantiene un stock menor del orden de las 40 toneladas diarias en comparación a lo realizado por el planificador.

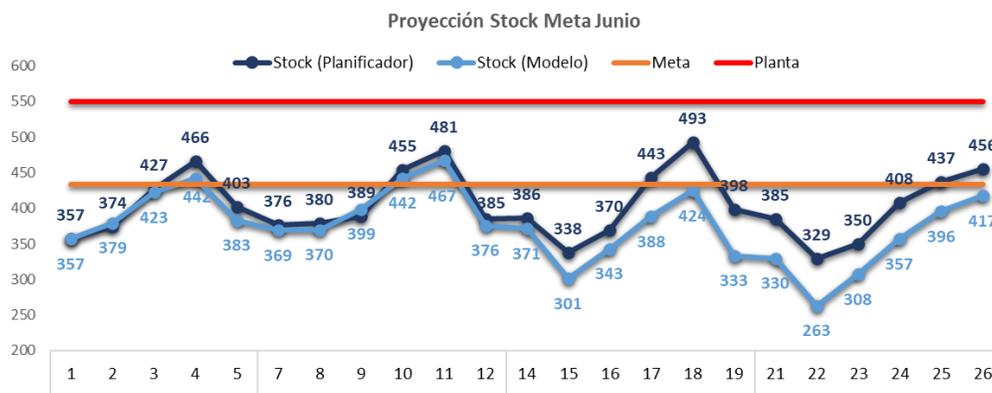


Figura 23. Proyección de Stock. Elaboración Propia

5.4.3 Capacidad cuellos de botella

Una de las principales razones de porque la producción y el inventario planificados por el modelo son menores a los diseñados por el planificador es debido al grado de utilización de las distintas máquinas. Son varias las estaciones de trabajo que tiene un grado de utilización mayor al 100% en algunos días del mes en el plan productivo realizado por el planificador, en cambio el modelo no permite esto. Un ejemplo muy representativo de lo antes mencionado es la estación de desmolde de la planta de EAD, como se puede ver en la figura 25, en

reiteradas ocasiones la planificación realizada por el planificador industrial supera las capacidades estipuladas.

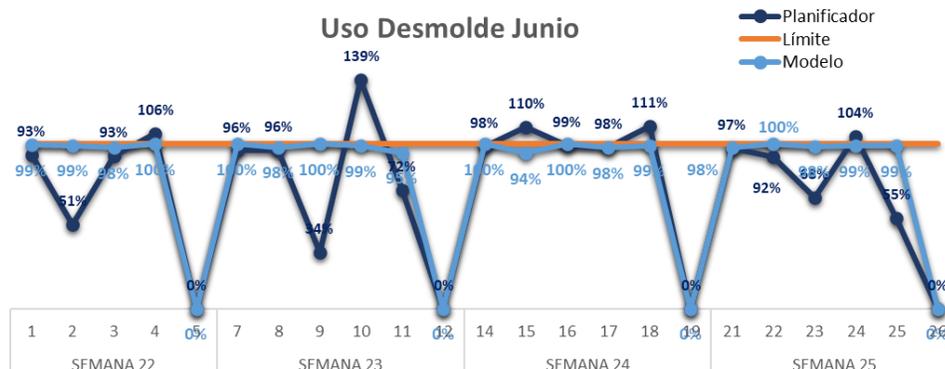


Figura 24. Uso desmolde. Elaboración Propia

Como se mencionó anteriormente, todas las máquinas incluidas en este análisis son consideradas por planificador de cecinas al momento de elaborar el plan productivo. Cuando se le consulto la razón de porque planifica por sobre las capacidades, él dio dos razones principales. La primera es que el rol de planificación industrial es satisfacer el plan comercial, por lo que, la planificación tiene que ir de la mano con el plan de ventas en una primera instancia. La segunda razón fue que, generalmente las capacidades declaradas por las plantas están “subestimadas”, por lo que siempre existe la posibilidad de planificar por sobre las capacidades productivas y esperar a que los jefes de planta hagan los ajustes para aumentar la capacidad.

5.4.4 Tiempos de planificación

El último elemento del análisis es el tiempo requerido para realizar la planificación. El tiempo utilizado por el planificador fue aproximadamente de 5 horas y 44 minutos. Por otro lado, el tiempo empleado por el modelo fue cercano a los 45 minutos, los primeros 25 minutos fueron utilizados para preparar las bases de datos que se cargan al modelo, luego vinieron los 18 minutos ¹⁰ requeridos por el modelo para realizar la optimización y finalmente los 2 minutos utilizados para cargar los resultados del modelo en la planilla de planificación que utiliza el planificador de cecinas.

5.4.5 Análisis final

A modo de síntesis, el modelo desarrollado por el memorista ha demostrado que es posible automatizar el proceso de planificación de la producción de cecinas en Agrosuper. Esta automatización se basó en las capacidades productivas declaradas por los jefes de planta y prioriza la producción en base a criterios rentabilidad e importancia para el negocio.

Sin embargo, a lo largo del desarrollo e implementación de esta herramienta se visibilizó la necesidad de mejorar algunos aspectos claves en la integración de un proceso. El primero de

¹⁰ La optimización de ambas plantas se realizó en paralelo, los 18 minutos corresponden a la planta de EAD que es la que está programada con un mayor tiempo de planificación.

ellos es la falta de uniformidad en los datos, específicamente lo relacionado a las capacidades productivas. Cada área maneja distintos valores para las capacidades de las distintas estaciones de trabajo, lo que demuestra la brecha de información que existe dentro de la cadena.

El segundo elemento importante para mejorar es el entendimiento respecto a la capacidad nominal y la capacidad real. Dentro del área productiva, específicamente en el negocio de cecinas se habla solamente de capacidad. El problema surge acá, ya que, no se logra distinguir si esa capacidad está sujeta al rendimiento de las maquinas, a la dotación de personas en el puesto de trabajo o algún otro factor. Tanto este elemento como el discutido en el párrafo anterior son sumamente importantes a la hora de buscar una mayor integración del negocio, por lo que se abordaran directamente en el plan de implementación.

Finalmente, una habilidad de gran utilidad que se ha incorporado al proceso de planificación es la capacidad de simular distintos escenarios productivos. Lo anterior se debe a que el modelo funciona en base a información que es fácilmente modificable, lo que permite cambiar parámetros como la capacidad productiva o el tamaño de lote fácilmente y de esa forma ver el impacto que tendrían este tipo de cambios en la producción. En particular, se hará uso de esta habilidad en la siguiente sección de este trabajo.

5.5 Estimación de capacidad productiva y balance con metas comerciales

Considerando los resultados entregados por el modelo en la sección anterior, se hará uso de este para responder a una de las principales interrogantes que motivaron este trabajo y que fue planteado como hipótesis al comienzo de este capítulo, ¿cuál es la capacidad productiva ociosa de cecinas en Agrosuper?

Para responder esta pregunta se realizó una simulación de un mes productivo, con 4 semanas hábiles productivas. La función objetivo de esta simulación ya no busca mantener un inventario óptimo, sino que maximizar la producción diaria de cada producto, priorizando por el margen que le entregan a la compañía. La capacidad de cada estación de trabajo se definió según el máximo disponible en base a la información entregada por los jefes de planta, el detalle de los supuestos utilizados en esta simulación puede verse en el anexo 6.4.

La producción total para el mes planificado fue de 3.076 toneladas, donde el 44% corresponde a la planta Sopraval y un 56% a EAD. Los dos principales tipos de productos planificados en esta simulación son los jamones y las pechugas con 1080 y 1201 toneladas respectivamente. Si la simulación mensual se extrapola a un año productivo, la capacidad productiva de cecinas en Agrosuper en base a la simulación realizada alcanzaría las 40.970 toneladas anuales. En la tabla 9 se puede apreciar el detalle la producción simulada.

Tabla 9. Resultados de simulación de capacidad. Elaboración propia

Simulaciones de producción (Miles de toneladas)			
Tipo de Producto	Mensual	Anual	
Jamones	0.46	5.54	
Laminados	0.16	1.93	
Mortadelas	0.01	0.12	
Parrillero Masivo	0.15	1.81	
Parrilleros Premium	0.18	2.15	
Pechugas	0.51	6.12	
Salchichas	0.25	3.02	
Subtotal EAD	1.72	20.70	
Jamones	0.62	7.42	
Laminado	0.38	4.55	
Pechuga	0.69	8.30	
Subtotal Sopraval	1.69	20.27	
Total Agrosuper	3.41	40.97	

Una vez estimada la capacidad productiva de cecinas en Agrosuper, el siguiente paso es poder determinar cuál es la capacidad ociosa que existe en la compañía y ver cuál es el impacto que esta tiene. Para esto se realizó una comparación de la capacidad productiva simulada para un año productivo y la producción real del año 2020.

Según la información entregada por la compañía, la producción total de cecinas de Agrosuper durante el año 2020 alcanzó las 26.066 toneladas, con un margen promedio de venta de 262 pesos por kilo. Bajo estas condiciones y en base la capacidad calculada anteriormente es posible decir que durante el año 2020 Agrosuper produjo a un 64% de sus capacidades, lo que significa tuvo un 36% de capacidad ociosa durante dicho periodo.

Si Agrosuper hubiese trabajado al 100% de su capacidad estimada podría haber vendido 15.000 toneladas más durante el año 2020, lo que se traduce en cerca de 3.900 millones de pesos extras en utilidad. En la tabla 10 puede apreciarse el resumen del análisis de las capacidades productivas del año 2020.

Tabla 10. Análisis Capacidad 2020. Elaboración propia

Análisis capacidad 2020			
Tipo	Real	Simulada	Oportunidad de crecimiento
Producción (M Toneladas)	26	41	15
Ventas (MM CLP)	100.029	157.236	57.207
Utilidad (MM CLP)	6.830	10.735	3.906 ¹¹

La estimación presentada anteriormente se realizó considerando algunos supuestos como que el margen se mantiene constante sin importar el volumen producido, que es posible producir

¹¹ El valor de las ventas y utilidad corresponden a valores bruto

al 100% de la capacidad y que la capacidad simulada por el modelo es la capacidad real de Agrosuper. Existe una alta probabilidad de que estos supuestos no se cumplan en su totalidad en la realidad, sin embargo, los resultados de este análisis nos permiten ver una aproximación de cuál es la capacidad productiva real de Agrosuper y cuál sería el impacto de utilizarla en su totalidad. Los 3.906 millones de pesos en posibles utilidades anuales es un valor que tiene como principal objetivo motivar a Agrosuper para dar un paso más allá en el negocio de cecinas, buscando una mayor integración del área productiva con la comercial, por medio de un sistema de información clara, transparente y que genere valor a la organización.

6. Plan de implementación

El punto más importante dentro del cualquier rediseño de proceso de negocios es la implementación. De nada sirven todos los recursos invertidos en las etapas de análisis de la situación actual y de diseño, si todo lo desarrollado en estas instancias no logra verse reflejado dentro de la organización. El alcance de esta memoria no involucra la implementación del proceso diseñado, ya que, los plazos para realizar estos cambios son bastante extensos. Sin embargo, toda la información recogida a lo largo de este trabajo se condensó en un plan de implementación, este busca orientar a Agrosuper en la puesta en marcha de este nuevo proceso de planificación productiva de cecinas.

El plan de implantación presentado a continuación consta de 3 etapas: constitución, desarrollo y consolidación. Estas se basan en la en los “8 pasos para transformar su organización” presentados por (Kotter, 2004). Si bien hay un orden cronológico entre las 3 etapas, el plan contempla que el final de una etapa se desarrolle en paralelo con el comienzo de la siguiente.

6.1 Sentido de urgencia

El primer el paso para implementar un cambio como el propuesto en el rediseño, es establecer el sentido de urgencia dentro de la organización. Es importante que todas las personas involucradas en el proceso sientan la necesidad de generar un cambio y entiendan él porque es necesario hacer esfuerzos para salir del estatus quo.

Para dar este primer paso, se recomienda generar una serie de reuniones con las distintas áreas involucradas en el proceso: planificación industrial, planificación comercial, negocios, insumos, materia prima y el área directiva de las plantas EAD y Sopraval. En estas instancias se debiese discutir dos cosas puntualmente, la primera de ellas es la posición de Agrosuper dentro del mercado de cecinas a nivel nacional. Como se puede apreciar en la tabla 11, Agrosuper tienen un rol secundario en el mercado nacional de cecinas a diferencia de lo que ocurre en crudos donde es el principal competidor. La idea es que se discuta acerca de las razones por las cuales Agrosuper hoy en día no es el líder dentro del mercado de cecinas y que se puede hacer para ser el principal líder.

Tabla 11. Participación de Mercado Agrosuper. Elaboración Propia en Base a reporte integrado (Agrosuper, 2021)

Producción 2020 (Miles de toneladas)			
Productor	Agrosuper	Total Mercado	Participación
Cecinas	19	267	7%
Pollo	452	811	56%
Pavo	56	91	62%
Cerdo	406	772	53%

En una segunda instancia se recomienda hablar sobre la eficiencia, en particular sobre la eficiencia en el uso de las capacidades productivas. La idea es discutir acerca de porque Agrosuper no está aprovechando todas sus capacidades productivas y cuál es el impacto que

esto tiene en para la organización, para esto se puede hacer uso de la información obtenida a en la simulación del modelo que se puede apreciar en la tabla 12.

Tabla 12. Oportunidades de crecimiento. Elaboración propia

Tipo	Oportunidad de crecimiento
Producción (M Toneladas)	22
Ventas (MM CLP)	100.072
Utilidad (MM CLP)	8.551

Para finalizar este paso de la implementación, es importante discutir acerca de la integración de la información dentro de la cadena de suministro. Lo principal es que todas las personas involucradas en el proceso puedan ver impacto que tendría para la organización mejorar la eficiencia en el uso de recursos a través de una mayor integración, y de esa forma ser más competitivos dentro del mercado.

6.2 Líderes

Una vez compartida la necesidad de cambios con los colaboradores es necesario crear una coalición que lidere el cambio. La persona clave en este caso es Renato Caris, él es subgerente de planificación industria en Agrosuper y es la persona llamada a liderar el proceso de cambio, ya que, tiene las competencias necesarias y su puesto es el nexo entre el área operativa de la empresa con el área ejecutiva.

Desde el área ejecutiva también es vital la participación de Jaime Bañados y Facundo Porolli, gerente de cadena de suministro y gerente comercial respectivamente. Ellos serían los encargados de comunicar y respaldar el cambio hacia el resto de la organización. Finalmente, desde el punto de vista operativo, Luis Jiménez (jefe planificación procesados) y ambos jefes de plantas son los encargados de velar porque las personas involucradas en el proceso vayan realizando los cambios que se requieren.

Es sumamente importante que este grupo de personas crea en el cambio que se propone y también escuchen las distintas dificultades que surgirán en el camino. Si alguno de los líderes de este proyecto duda de la implementación, lo más probable es que estas inquietudes se transmitan al resto de la organización, lo que, dificultara mucho la implementación de los cambios. A modo de síntesis, la coalición llamada a liderar y estaría formada por 6 personas (figura 26), donde el subgerente de planificación industrial sería el llamado a generar el consenso necesario para llevar a cabo el cambio.



Figura 25. Coalición del proyecto. Elaboración propia

6.3 Visión y comunicación

Instalada ya la necesidad de generar el cambio en la organización y definido el equipo encargado de liderarlo, el paso siguiente es desarrollar una visión que permita ver hacia donde se busca llegar con el cambio propuesto. La visión tiene que ser clara, concisa y fácil de entender por parte de toda la organización. Lo ideal en este sentido sería construir una visión común entre gran parte de las personas involucradas en el proceso. Para cumplir con este objetivo se recomienda hacer uso de dos “ideas fuerza” que actualmente están inserta dentro de la cadena de suministro, estas son:

1. Ser una cadena de suministro de nivel mundial
2. Asegurar la eficiencia y rentabilidad en la ejecución del plan comercial

Un ejemplo de la visión a la que apunta el nuevo proceso podría ser *“desarrollar un proceso de planificación comercial y productiva de cecinas que sea nivel mundial, permitiéndonos asegurar la eficiencia y rentabilidad en cada etapa, buscando posicionarnos como el principal productor de cecinas a nivel nacional”*.

Un error que se puede cometer luego de haber desarrollado la visión es no comunicarla de la forma adecuada o la cantidad de veces necesarias. Es por esta razón que se le recomienda a Agrosuper hacer uso de todos los recursos e instancias que tienen para comunicar la visión desarrollada por el equipo. Para esto sería muy importante apoyarse por el área de comunicaciones internas de la compañía, se podrían generar afiches, videos e infografías que comuniquen a la organización esta nueva forma de planificar que está desarrollando en el negocio de cecinas. También se podría hacer uso de la red social interna de la compañía “JAM Agrosuper” que está desarrollada en SAP.

Esta etapa de comunicación no solo este tiene que estar centrada en el comienzo de la implementación, sino que también tiene que ir mostrando los avances que se van realizando en las distintas fases de la implementación. Mostrar estos logros permitirá ver que se está avanzando en la implementación del nuevo proceso.

6.4 Preparar la tierra

La siguiente fase dentro del plan implementación es la de quitar de los posibles obstáculos que se encuentren para implementar el proceso. Es en este punto donde se abordarán las principales brechas detectadas en este trabajo de investigación.

A partir de esta instancia se le recomienda a Agrosuper incorporar a un nuevo actor al equipo de planificación industrial. Este nuevo integrante tendría recibiría el nombre de “ingeniero de datos” y tendría como principal labor velar por la correcta estructura y funcionalidad de los datos que se requieren en la planificación de la producción en Agrosuper. Esta persona será el responsable de mantener la información productiva de las distintas plantas actualizadas y también será el nexo entre planificación industrial y el área de Datos Maestros de Agrosuper.

El primer obstáculo en el cual trabajar es la definición de las capacidades productivas reales de Agrosuper en el negocio de cecinas. Para cumplir con este objetivo se recomienda hacer una revisión de completa de las capacidades y rendimiento de todas las estaciones de trabajo de ambas plantas. Es vital en esta instancia generar un estándar en la información, por ejemplo, la capacidad de una estación de trabajo debiese basarse en el rendimiento por hora que tiene cada uno de los productos que pasa por ella.

También es importante en esta instancia hacer la diferencia entre las capacidades reales de las estaciones de trabajo y las capacidades nominales. En este caso la capacidad real es la capacidad productiva sujeta a la dotación de personas que se espera haya en una planta productiva durante un plazo de tiempo, en cambio, la capacidad nominal es la capacidad máxima de una estación de trabajo sin restricciones de dotación presente. Hacer esta diferencia permite tener una mayor transparencia de cara al planificador industrial de cecinas.

Si bien esta etapa requiere de mucho tiempo, es vital para la implementación del nuevo proceso, ya que, sentará las bases de toda la información productiva que será utilizada a futuro por la SAP-IBP, si la información no se almacena de forma correcta lo más probable es que después los resultados entregados por el modelo no sean lo esperados por el planificador.

Luego de haber definido las capacidades productivas de cecinas el siguiente paso consiste en generar una suerte de “gobierno de datos” dentro del proceso. La idea este paso es que el ingeniero de datos defina de manera clara quienes serán los responsables de mantener la información productiva actualizada, cuál será el mecanismo, con que periodicidad, cuál será el estándar de la información entre otras cosas. Es vital que todas estas cosas queden definidas previa a la implementación del proceso y de esa forma evitar complicaciones producto de que la información no se cargó de forma correcta o el estándar no corresponde.

Finalmente, luego de haber definido el gobierno de datos, es necesario explicárselos a las personas involucradas en el proceso y que ellos entiendan cuál será su rol dentro del nuevo sistema.

6.5 Implementación de la SAP-IBP

La implementación de la herramienta escogida para planificar la producción de cecinas debe realizarse luego de haber completado todos los pasos previamente mencionados en el plan de implementación. Esto es sumamente importante, ya que, es muy probable que esta etapa será marcada por la frustración y en caso de no haber un trabajo previo con las personas involucradas, la probabilidad de que se desista del cambio es mucho mayor.

Para implementar la herramienta se recomienda contar con el apoyo de una consultora especializada en este tipo de operaciones, principalmente porque es necesario configurar una gran cantidad de parámetros para que SAP-IBP funcione, hay que desarrollar el modelo, validar las restricciones y finalmente hacer las pruebas y de esa forma validar que la herramienta puede realizar la planificación de forma correcta.

El valor agregado que tiene incluir una consultora externa en la implementación de SAP-IBP radica en la eficiencia. Es de esperar que una empresa que tiene experiencia en este tipo de operaciones pueda facilitar mucho la implementación de SAP-IBP, debido al conocimiento que tienen sobre su funcionamiento.

Es vital en esta etapa el rol que deben tener tanto el planificador industrial de cecinas como el ingeniero de datos. El primero de ellos tiene que aprender todo lo necesario sobre cómo usar la herramienta, entendiendo de forma clara el modelo de programación lineal que habrá detrás de la planificación productiva de cecinas. Por su parte, el ingeniero de datos tiene que dominar la estructura de datos que utiliza la herramienta y también como modificarla, ya que, el será el encargado de guiar a los involucrados en la actualización de los parámetros mes a mes.

Otro punto clave dentro de esta etapa es incorporar el *know how* adquirido en el desarrollo e implementación del modelo de planificación industrial desarrollado en el piloto. Tanto el modelamiento como los distintos resultados que puede entregar este MVP pueden ser utilizado como base en la implementación de SAP-IBP. Incorporando este conocimiento es muy probable que se ahorre tiempo y también haya una mayor seguridad sobre la calidad de la planificación producida por la herramienta, ya que, habrá un punto de comparación.

6.6 Consolidación del modelo

La etapa final de la implementación de este nuevo proceso es la consolidación. Para decir que este proceso está consolidado es sumamente importante definir los objetivo o criterios que permitan evaluar esto en la etapa inicial de la implementación. En base a todo a toda la información recopilada durante este trabajo, se presentan 2 elemento que podrían ser utilizados por Agrosuper para evaluar la consolidación del modelo.

El primer elemento es la capacidad de SAP-IBP para planificar la producción. La herramienta en primer lugar tiene que automatizar la planificación de la producción de cecinas de ambas plantas en Agrosuper, este es el requisito mínimo para que el proceso pueda consolidarse. Es de esperar que una vez la herramienta esté funcionando no solo se haga la planificación en base al plan comercial si no que se simulen distintos escenarios productivos, haciendo ajustes en las variables que considera la planificación.

Esta simulación también tiene que realizarse para las estimaciones de ventas para los 2 siguientes al planificado con el plan comercial. Esto con el objetivo de poder prever de manera anticipada como responde las capacidades productivas a la demanda estimada y de esa forma tomar decisiones que pueden ser tanto del punto de vista comercial, como lo sería poner en promoción algunos productos para así aumentar su demanda o también contratar más dotación para algunas estaciones de trabajo que pueden verse sobrepasadas en capacidad. Esta habilidad tomar decisiones a un mayor horizonte integrando la información productiva con la comercial es lo que consolidara este nuevo proceso.

La segunda arista de consolidación de esta nueva forma de planificar la producción es la incorporación de esta metodología en los otros negocios de Agrosuper. El mejor indicador de que el nuevo proceso funciona y genera beneficios importantes para la organización es que los otros negocios (cerdo, pollo, pavo y elaborados) también quieran incorporar este mecanismo de planificación en su proceso.

En un escenario ideal, el proceso debiese tomar cerca de un año en consolidarse por lo que en el año 2023 esta nueva de planificar debiese incorporarse a en los otros negocios, en ese caso las 3 etapas iniciales del plan de implementación de presentado en este trabajo debiesen ser mucho más acotadas.

6.7 Observaciones finales plan de implementación

El plan de implementación presentado en este capítulo tiene como objetivo ser una guía que oriente a Agrosuper en la implementación del nuevo proceso. Como se puede apreciar en el plan propuesto, cambiar la forma de planificar va mucho más allá de cambiar la herramienta que se utiliza, sino que se requiere un cambio a nivel de las personas involucradas, los datos utilizados y la forma y horizonte en que se toman las decisiones.

Las distintas etapas planteadas se diseñaron en base a un objetivo, los plazos y actividades para cumplir con dicho objetivo tienen que ser elaboradas por Agrosuper en base a sus recursos y capacidades. En la figura 27 se puede ver el resumen de las 6¹² fases del plan de implementación, con el objetivo de cada una y un plazo propuesto. en tabla x se puede observar también una propuesta de Carta Gantt para las 5 primeras etapas del plan, la última etapa no se incluye debido a que la duración de esta depende en gran parte de los resultados obtenidos en las etapas anteriores.

¹² Fase 4 se dividió en dos por temas visuales.

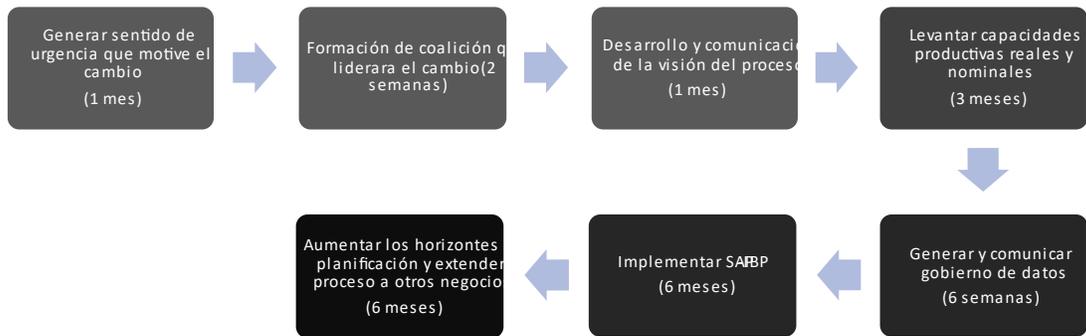


Figura 26. Fases del plan de implementación. Elaboración propia.

Tabla 13. Carta Gantt. Elaboración propia

Etapas	Actividades	Meses												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Sentido de Urgencia	Reuniones: Posición de Agrosuper en el mercado de cecinas													
	Reuniones: Oportunidad de crecimiento en el mercado de cecinas													
Formación coalición	Reunión coalición													
	Definición de Roles y Tareas de los integrantes													
Desarrollo de Visión	Jornadas de desarrollo de visión nuevo proceso													
	Definición Visión del nuevo proceso													
	Creación del plan de comunicación del visión del nuevo proceso													
	Comunicación de visión y avances del nuevo proceso													
Preparar la tierra	Definición del rol de "Ingeniero de datos"													
	Búsqueda, selección y contratación Ingeniero de Datos													
	Levantamiento Capacidades productivas Planta EAD													
	Levantamiento Capacidades productivas Planta Sopraval													
	Desarrollo del modelo de "Gobierno de datos"													
	Comunicación del modelo de Gobierno de datos													
Implementación SAP-IBP	Selección de Consultora para el apoyo en la implementación													
	Implementación de SAP-IBP en planta EAD													
	Implementación de SAP-IBP en planta Sopraval													

7.Evaluacion del proyecto

7.1 Beneficios

Los beneficios que representa la implementación del rediseño propuesto son de corto, mediano y largo plazo. En el corto plazo, los beneficios están relación con la disminución de los tiempos de planificación de la producción, el conocimiento de las capacidades productivas y también la visibilidad de las oportunidades de crecimiento dentro del negocio.

En el mediano y largo plazo, se pretenden una mayor integración de la información productiva y comercial. Esta integración permitirá una mejor toma decisiones, ya que, se considerará una mayor cantidad de variables e información en cada instancia. Además, se busca que los plazos que se planifican sean cada vez mayores, incluyendo la capacidad de generar distintos escenarios productivos. Se espera que la mejor toma de decisiones vaya de la mano también con mayores ventas de los productos.

La disminución del tiempo de planificación es un beneficio que es posible cuantificar, en particular para planificación de la producción de cecinas según los resultados obtenidos en el piloto y los efectos esperados de la implementación de SAP-IBP, se estima que exista una disminución del 90% de los requeridos para esta tarea.

Otro efecto que se puede ver de manera clara es la disminución de los riesgos de operacionales. En específico hay dos riesgos operacionales que se ven reducidos producto de la implementación del rediseño.

El primero es acerca de planificación de la producción, el proceso actual se basa en la experiencia del planificador y su expertis a la hora de realizar la planificación de forma manual. La probabilidad de que lo que se planifique no sea lo óptimo desde el punto de vista de rentabilidad y uso de capacidades es muy alta, ya que, es el planificador quien tiene que ir realizando los cálculos a través de las planillas de Excel, sin embargo, no utiliza ningún modelo de optimización. El rediseño en cambio realiza la planificación mediante un modelo de optimización que maximiza la rentabilidad del mix producido considerando las capacidades productivas.

En segundo lugar, está la disminución de la probabilidad quiebres o aumentos significativos de stock producto de cambios significativos entre la demanda real y la planificada. Al incorporar la capacidad de simulación al proceso de planificación productiva es posible ver cuáles serían los efectos que tendrían en el inventario un aumento o disminución de las ventas. Lo valioso en este sentido hacer uso por una parte de la experiencia de las personas involucradas en el proceso en combinación con la simulación, por ejemplo, el planificador comercial en base a su experiencia puede estimar cual será el crecimiento de la demanda de longanizas para el 18 de septiembre y se hacen simulaciones a partir de la estimación hecha por el planificador comercial viendo casos pesimistas, optimista, etc.

Tabla 14. Resumen de beneficios. Elaboración propia

Tipo	Beneficio
Eficiencia	Disminución de un 90% del tiempo de planificación
Riesgo operacional	Disminución de riesgo de quiebres de stock
Riesgo operacional	Mayor certeza sobre la rentabilidad del mix producido

Resumiendo, el rediseño trae consigo una serie de beneficios en distintos plazos, alguno de ellos también se irá descubriendo a medida que a la implementación vaya avanzado. En la tabla 14 se puede ver un resumen de 3 aspectos en los cuales con la información actual se espera que tengan mejoras significativas gracias a la implementación del proceso diseñado. Un beneficio que también se espera es el aumento de las ventas, en la siguiente sección se verá en detalle los beneficios esperados en este ámbito.

7.1.1 Aumento de las ventas

Suponer que Agrosuper hará uso de todas las capacidades productivas que se estimaron en el piloto gracias a la implementación del nuevo proceso, es una suposición demasiado optimista. Es por esta razón que se buscó otra metodología para calcular el impacto que tendría en las ventas la implementación del rediseño.

En primer lugar, se escogieron las 4 líneas de productos que han tenido un mejor comportamiento de ventas durante el 2021 en el canal de supermercados (principal segmento de ventas) (ver anexo 8). Luego a través de una simulación del modelo, se estimó la oportunidad de crecimiento de estas 4 categorías, considerando que el resto de los productos tienen la misma producción que el año 2020.

En la tabla 15 se puede ver la oportunidad de crecimiento que hay a nivel de productivo en estas 4 líneas de productos si se compara con la venta total del año 2020. El nuevo proceso debiese darles visibilidad a estas oportunidades y por ende estas debiesen convertirse en mayores ventas de estos productos. Bajo una condición *ceteris paribus*, si el 100% de las oportunidades productivas se convierten en ventas, la utilidad extra anual percibida por Agrosuper sería de 1.421 millones aproximadamente.

Tabla 15. Crecimiento de productos con buen rendimiento. Elaboración propia

Categoría de Producto	Total Ventas 2020 (Mton)	Utilidades 2020 (MM CLP)	Utilidad por kilo (CLP)	Capacidad (Mton)	Op. de crecimiento (Mton)	Op. de Crecimiento (MM CLP)
Pechuga de Pavo	8,4	6.678	\$ 797	9,5	1,1	890
Jamones de Pavo	2,9	1.757	\$ 613	4	1,1	697
Longanillas	1,0	86	\$ 90	1,2	0,2	22
Parrilleros masivos	1,9	-167	\$ -89	4	2,1	-188
Subtotal	14,09	8.354	\$ 593	19	4,6	1.421

7.2 Costos

Para realizar la evaluación económica del rediseño que se propone, se estimaron en primer lugar los costos que tendría la implementación del nuevo proceso. El cálculo se hizo mediante

la estimación del tiempo que se requerirá en horas hombre en cada una de las etapas del plan de implementación. El costo de la asesoría es un valor definido en conjunto con Agrosuper, considerando el presupuesto que ellos tienen y también lo que han invertido en proyectos con consultoras en el pasado. El costo de implementación del proceso se estima en 346 millones de pesos, el detalle puede verse en la tabla 16.

Tabla 16. Costos de Inversión. Elaboración propia

Costos de implementación			
Tipo de Producto	Total HH	Costo HH (UF)	Total (CLP)
Desarrollo y comunicación Visión	200	1,5 \$	8.913.600
Actualización de capacidades	1000	2,0 \$	59.424.000
Implementación SAP-IBP	3000	2,0 \$	178.272.000
Asesoría implementación SAP-IBP	-	-	\$ 100.000.000
Total Inversión			\$ 346.609.600

*Valor UF 1 de Julio 2021: 29,712 CLP

El proceso diseñado también incurre en gastos operacionales para su funcionamiento año a año, el principal estimado es el pago al ingeniero de datos que se incluye al equipo de planificación industrial. Sumado a esto, se definió un presupuesto anual de 10 millones extras que se requieran para el funcionamiento del proceso. El gasto operacional puede observarse en la tabla 17.

Tabla 17. Costos operacionales anuales. Elaboración propia

Costos Anuales			
Tipo de Producto	HH Mensuales	Costo HH (UF)	Total Anual (CLP)
Ingeniero de datos	45	2,0 \$	32.088.960
Otros gastos			\$ 10.000.000
Total Inversión			\$ 42.088.960

*Valor UF 1 de Julio 2021: 29,712 CLP

7.3 Flujo de caja

El flujo de caja de este proyecto se basó en el cálculo la metodología de cálculo utilizado en la justificación de la memoria y en el aumento de ventas presentado en la sección 1 de este capítulo. Las ganancias del proyecto se obtienen a partir de las ventas extras que se generen gracias a la visibilidad de las nuevas oportunidades productivas. Luego de un año de implementación, se aprovechará un 5% de la oportunidad de crecimiento en las 4 categorías escogidas. A partir del año 2, la tasa de crecimiento anual en ventas será también del 5%, lo que implica que al año 6, Agrosuper estará aprovechando un 34% de las oportunidades productivas en las 4 categorías seleccionadas.

Por otro lado, los costos aumentan a una tasa de 3% anual, valor estimado en base a la política inflacionaria del Banco Central. El flujo de caja se proyectara a 6 años, que es el plazo de vida útil determinado por el Servicio de Impuestos Internos (SII) para los sistemas computacionales.

El último elemento para considerar para el cálculo es la tasa de descuento a utilizar. Para estimar la tasa de descuento se empleó el modelo de valoración de activos de capital (CAPM). Para la tasa de libre de riesgo se usó la tasa de interés de los bonos soberanos de Chile con una madurez de 5 años. Como indicador de la tasa de retorno esperada del mercado se utilizó el S&P IPSA (Índice de precio selectivo de Acciones) promedio de los últimos 5 años, que corresponde a un 4.187%. Finalmente, se utilizó el factor beta de Estados Unidos para el sector de “Software (System Application)”, que corresponde aun 1.09. Haciendo uso de la fórmula de CAPM y suponiendo que toda la inversión es ejecutada por Agrosuper, se estima que la tasa de descuento a utilizar es de 4,3%

$$CAPM = R_f + \beta(R_m - R_f)$$

$$CAPM = 3\% + 1,09(4,187\% - 3\%) = 4,3\%$$

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Beneficios	\$ -	\$ 142.080.255	\$ 220.224.395	\$ 302.275.742	\$ 388.429.657	\$ 478.891.267	\$ 573.875.958
Costos	\$ -	\$ 42.088.960	\$ 43.351.629	\$ 44.652.178	\$ 45.991.743	\$ 47.371.495	\$ 48.792.640
Utilidad operacional	\$ -	\$ 99.991.295	\$ 176.872.766	\$ 257.623.565	\$ 342.437.914	\$ 431.519.772	\$ 525.083.318
Pérdida Ejercicio Anterior	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Utilidad antes de impuestos	\$ -	\$ 99.991.295	\$ 176.872.766	\$ 257.623.565	\$ 342.437.914	\$ 431.519.772	\$ 525.083.318
Impuestos (27%)	\$ -	\$ -	\$ 44.218.192	\$ 64.405.891	\$ 85.609.478	\$ 107.879.943	\$ 131.270.829
BAI	\$ -	\$ 99.991.295	\$ 132.654.575	\$ 193.217.673	\$ 256.828.435	\$ 323.639.829	\$ 393.812.488
Pérdida Ejercicio Anterior	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Inversión Inicial	\$ 346.609.600	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Flujo de Caja Libre	\$ -346.609.600	\$ 99.991.295	\$ 132.654.575	\$ 193.217.673	\$ 256.828.435	\$ 323.639.829	\$ 393.812.488
Balance Final	\$ -346.609.600	\$ 95.868.931	\$ 121.942.085	\$ 170.291.873	\$ 217.023.055	\$ 262.204.669	\$ 305.902.928

Tabla 18. Flujo de Caja del Proyecto. Elaboración Propia

Van	\$ 497.906.190
Tasa de descuento	4,30%
TIR	28,83%

Como se puede observar en la tabla 18, y manteniendo un *ceteris paribus* sobre la utilidad por kilo de venta y otras variables externas al costo operacional, el proyecto, tendría un VAN positivo de 497 millones de pesos y un TIR de 28,83% con horizonte de 6 años. Bajo estas condiciones se debiese implementar el proyecto.

7.4 Discusión

El flujo de caja presentado en la sección anterior responde a un escenario bastante conservador, ya que, solo considera que el primer año se aprovecha un 5% de las oportunidades productivas. Como se puede apreciar en las tablas 19 y 20, son muy pocos los casos en los cuales el proyecto no es recomendable. Para que el proyecto no se ejecute, las

ventas tienen que aumentar menos de un 7% durante el primer o tener un crecimiento menor al 3% anual a partir del segundo año.

Los beneficios en cambio crecen rápidamente según que porcentaje de las oportunidades productivas se aprovechen cada año. A modo de ejemplo, si el primer año las ventas crecen un 15% y luego se mantiene un crecimiento del 5% anual, el VAN del proyecto sería de 1.155 millones de pesos y la TIR de un 61%.

Esto demuestra que los beneficios del proyecto pueden ser bastante grandes en comparación al costo que requiere su implementación, esto se debe principalmente a que existen grandes oportunidades productivas de cecinas en Agrosuper y que la utilidad por kilo de los productos seleccionados es bastante buena (salvo en el caso de los parilleros masivos).

Tabla 19. Análisis de sensibilidad VAN. Elaboración Propia

VAN (MM CLP)		Oportunidad de crecimiento aprovechada año 1									
		1%	3%	5%	7%	9%	11%	13%	15%	17%	19%
Tasa de crecimiento anual (años 2-6)	1%	(370)	(219)	(99)	21	141	261	381	501	621	742
	2%	(202)	(78)	44	167	290	413	536	659	781	904
	3%	(56)	66	192	317	443	569	694	820	946	1.071
	4%	92	214	343	471	600	728	857	985	1.114	1.243
	5%	241	366	498	629	761	892	1.024	1.155	1.287	1.418
	6%	394	522	657	792	926	1.061	1.195	1.330	1.464	1.599
	7%	551	683	820	958	1.095	1.233	1.371	1.508	1.646	1.784
	8%	712	847	988	1.128	1.269	1.410	1.551	1.692	1.832	1.973
	9%	877	1.015	1.159	1.303	1.447	1.591	1.735	1.880	2.024	2.168
	10%	1.047	1.188	1.335	1.483	1.630	1.777	1.925	2.072	2.220	2.367

Tabla 20. Análisis de Sensibilidad TIR. Elaboración Propia

TIR		Oportunidad de crecimiento aprovechada año 1									
		1%	3%	5%	7%	9%	11%	13%	15%	17%	19%
Tasa de crecimiento anual (años 2-6)	1%	-35%	-16%	-4%	6%	15%	24%	32%	40%	48%	56%
	2%	-11%	-1%	7%	16%	23%	31%	39%	46%	54%	61%
	3%	1%	8%	16%	23%	30%	38%	45%	52%	59%	66%
	4%	9%	16%	23%	30%	36%	43%	50%	57%	64%	71%
	5%	16%	22%	29%	35%	42%	48%	55%	61%	68%	75%
	6%	22%	28%	34%	40%	47%	53%	59%	66%	72%	79%
	7%	28%	33%	39%	45%	51%	57%	63%	70%	76%	83%
	8%	33%	38%	44%	49%	55%	61%	67%	74%	80%	86%
	9%	37%	42%	48%	54%	59%	65%	71%	77%	83%	90%
	10%	41%	46%	52%	57%	63%	69%	75%	81%	87%	93%

Los 497 millones de pesos presentados en el VAN del flujo de caja del caso base, representan solo un 7% de las utilidades generadas por las ventas del negocio de cecinas en el año 2020. Lo que confirma que el escenario presentado es bastante conservador.

Por otro lado, el volumen de ventas extras estimadas en el proyecto es bastante pequeño si se compara con el volumen total de la venta en el mercado nacional de los productos que pertenecen a las 4 categorías seleccionadas en el año 2020. Como se observa en la tabla 21, el volumen extra vendido si crece a un 5% anual representa menos de un 1% del volumen producido en Chile en el año 2020. En base a estos valores, es factible decir que el mercado

nacional de cecinas es capaz de consumir las toneladas extras que fueron proyectadas a la hora de realizar el flujo de caja.

Tabla 21. Volumen de proyecciones. Elaboración propia

Tipo	Producción Chile 2020	Ventas extras por categoría de productos (Toneladas)					
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Pechuga de aves	11.115	56	59	62	65	68	71
Jamones	26.965	57	60	63	66	69	73
Longanizas, Longaniclas, chorizos y choricillos	36.864	118	124	130	137	143	151
Longanicillas		12	13	13	14	15	15
Parrilleros masivos		106	111	117	123	129	135

Más allá de las utilidades económicas proyectadas por la implementación de este rediseño, el valor principal es una mejora sustancial en la forma de planificar tanto la venta como la producción. El proceso diseñado incorpora mejoras sustanciales en algunas habilidades claves a la hora de gestionar una cadena de suministro como lo son la capacidad de simulación y la integración de la información comercial con la productiva.

El desafío mayor de este nuevo proceso radica en el cambio de rol que debe tener la Subgerencia de Planificación Industrial. Con el conocimiento de las capacidades productivas reales de las distintas plantas de cecinas y la capacidad de simular escenarios productivos, el equipo de planificación industrial tiene que no solo satisfacer el plan comercial, sino que también buscar la forma de transformar la capacidad productiva ociosa en ventas. El apoyo del equipo comercial y de negocio es clave en este sentido. Dentro del proceso diseñado se incorporó un nuevo indicador de resultado que mide la capacidad ociosa, el uso correcto de este indicador por parte del área de control de gestión de la organización puede ser un aspecto clave también en la transformación de esta capacidad ociosa en utilidades para la empresa.

7.5 Trabajo Futuro

Durante el desarrollo del presente trabajo surgieron una serie de oportunidades de mejora dentro de la cadena de suministro de Agrosuper, sin embargo, por motivos de tiempo y porque estas oportunidades escapaban al alcance estas no se abordaron. Sin embargo, sería muy importante que Agrosuper pueda abordar estos temas y de esa forma seguir mejorando su posición dentro del mercado.

La primera oportunidad de mejora surge desde el área de materias primas. Actualmente cerca del 40% de la materia prima cárnica que se utiliza en la elaboración de cecinas viene de proveedores extranjeros. Estos productos vienen congelados, por lo que previamente a ser utilizados como materia prima tienen que ser descongelados. La oportunidad surge porque Agrosuper actualmente no tienen claridad respecto a cuál es su capacidad de real para descongelar productos (requieren de un proceso productivo), ni tampoco de su capacidad de almacenamiento.

Actualmente se existen estimaciones sobre cuál es la capacidad de descongelado, al igual que como ocurriría con las capacidades productivas de cecinas estos valores no son exactos, sino que se basan en la experiencia de las personas involucradas. Tener claridad respecto a las capacidades reales de descongelado y almacenamiento de materia prima podría tener un gran

impacto en el negocio, sobre todo si se integra de manera correcta con los distintos pronósticos de venta que vienen del área comercial.

Si el planificador de materia prima manejase las capacidades reales de almacenamiento, descongelado y pronósticos de demanda podría anticipar la compra de las distintas proteínas, lo que permitiría acceder a precios mucho más conveniente e incluso podría proponer la producción de ciertos productos en los cuales la materia prima está muy barata.

Un proceso similar al de materias primas podría aplicarse en el área de insumos, si bien en esta sección si maneja con mayor claridad cual es la capacidad de almacenamiento, aún no se ha integrado de manera correcta esta información con los distintos pronósticos de demanda.

Finalmente, al igual que como se realizó en este trabajo, sería muy valioso revisar el proceso completo de planificación de la venta y producción en los negocios de elaborados, pollo, pavo y cerdo.

8. Conclusiones

En el contexto actual de incertidumbre para las cadenas de suministros y sumamente competitivo dentro del mercado de cecinas, es muy importante tomar decisiones de forma eficiente, informada y en el menor tiempo posible. En particular, a la hora de planificar la producción y venta de cecinas, esta habilidad tiene mucho por mejorar aún en Agrosuper.

Agrosuper hoy en día es líder indiscutido a nivel nacional en la producción y comercialización de productos de origen animal, sin embargo, en mercado de las cecinas tiene un rol secundario. A través de un análisis exhaustivo del proceso de planificación y venta de cecinas de Agrosuper, se pudo definir cuáles son las etapas del proceso que actualmente no permiten que la compañía sea líder en el mercado de cecinas.

El primer elemento para destacar en este sentido es la falta del conocimiento que tiene la organización respecto a sus capacidades productivas. Es sumamente difícil planificar el crecimiento dentro de un mercado si no se conocen cual es la capacidad de crecer orgánicamente que tiene la compañía. Las diferencias entre la información que manejaba el área productiva en comparación a la cadena de suministro evidencian esta falta de consenso acerca de la capacidad productiva en el negocio de cecinas.

Lo anterior se debe a una serie de motivos, los dos principales son: que en el negocio de cecinas las capacidades máximas se miden de forma distinta que el resto de los negocios de la compañía. En el negocio de crudos (pollo, pavo y cerdo), la capacidad máxima esta determinada por la disponibilidad de animales en cambio en el negocio de cecinas la capacidad máxima esta determina por la capacidad productivas de las distintas máquinas involucradas en los procesos de elaboración.

El segundo elemento es la falta de integración de la información que existe dentro del proceso. Cada área toma las decisiones en base a la información que ellos maneja y no integran de manera correcta información muy importante que viene de las distintas unidades de negocios. Un ejemplo claro de esto es que, en el proceso original, al momento de planificar la producción no se consideraban la capacidad real de las productivas ni tampoco criterios comerciales importantes como lo es la utilidad de cada producto.

Es por esta razón que se en este trabajo se diseñó un nuevo proceso de planificación de la venta y producción, este proceso fue diseñado especialmente para el negocio de cecinas, por lo que responde a los recursos y limitaciones que tiene dicho negocio. El nuevo proceso tuvo como principal objetivo planificar la producción de cecinas de una manera eficiente y que maximice la rentabilidad. Esta nueva forma de planificar se basa en una mayor integración de la información comercial y productiva.

Para validar los supuestos y mejoras propuestas en el rediseño se desarrolló un piloto de implementación del nuevo proceso. Esté consistió en una primera instancia en una recopilación de la información productiva de las plantas, disminuyendo así la brecha de información existe entre las plantas y la cadena de suministro. Con la información obtenida

se realizó un modelo matemático para planificar la producción de cecinas, este fue desarrollado en Python y obtuvo resultados muy favorables en la planificación de la producción.

El piloto desarrollado tuvo un gran valor para el presente trabajo, ya que, en primer lugar, demostró la factibilidad de automatizar la planificación de producción de cecinas, lo que disminuye en cerca de un 90% los tiempos requeridos para en esta labor. Además, pudo demostrar que Agrosuper cuenta con una gran capacidad productiva ociosa, la que en caso de ser utilizada podría generar utilidades anuales del orden de los 3.900 millones de pesos extras para la compañía.

El objetivo de principal de esta memoria era buscar un mecanismo para que Agrosuper mejore su posición dentro del mercado de cecinas a nivel nacional mediante un proceso de planificación de venta y producción. En base a los resultados obtenidos, es posible asegurar que mediante un rediseño *ad hoc* para el contexto de la organización es posible tener un proceso más eficiente y que asegure que se produce el mix más rentable e importante para la compañía.

Esta memoria pudo visibilizar el impacto que tiene en una organización como Agrosuper tener un sistema de tomas de decisiones que integre información productiva y de calidad con el conocimiento que proviene del área comercial. Es sumamente importante seguir por esta senda de revisión continua de los procesos, en particular, hay un aspecto que se visualizó en el desarrollo de este trabajo y que por tema de tiempo de tiempo se abordó. Este consiste en la gestión de la materia prima.

La persona de encargada de materia prima dentro de la cadena de suministro vive una situación similar a la experimentada por el planificador de cecinas previo a esta memoria, ya que, maneja muy poca información para tomar decisiones en comparación a la que tienen los encargados de materia prima de las plantas. A modo de ejemplo, el planificador de materia de cadena de suministro no tiene claridad respecto a elementos claves como lo son la capacidad de descongelado de las plantas ni tampoco conoce en detalle de las fórmulas requeridas para hacer los distintos productos.

Es muy probable que esta brecha de información signifique una disminución en la eficiencia y desaprovechamiento de las capacidades de Agrosuper. Si la organización quiere liderar en el mercado de cecinas al igual que como lo hace en crudos es vital seguir mejorando sus procesos, esta memoria va apunta en esa dirección y es de esperar que motive a la organización a seguir integrando la información que existe dentro de las distintas áreas de la organización en busca de la eficiencia y rentabilidad.

9. Bibliografía

- Agrousper. (2021). *Reporte integrado 2020*. <https://www.agrosuper.cl/wp-content/uploads/2021/04/Reporte-Integrado-Matriz-Agrosuper-2020-web.pdf>
- Ahumada, O., & Villalobos, J. R. (2009). Application of planning models in the agri-food supply chain: A review. *European Journal of Operational Research*, *196*(1), 1–20. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.02.014>
- Blome, C., Schoenherr, T., & Rexhausen, D. (2013). Antecedents and Enablers of Supply Chain Agility and its Effect on Performance: A Dynamic Capabilities Perspective. *International Journal of Production Research*, *51*, 1295–1318. <https://doi.org/10.1080/00207543.2012.728011>
- Chachuat, B. (2019). *Mixed-Integer Linear Programming (MILP): Model Formulation*. http://macc.mcmaster.ca/maccfiles/chachuatnotes/07-MILP-I_handout.pdf
- Chile, B. C. de. (2021). *Política Monetaria*. <https://www.bcentral.cl/web/banco-central/areas/politica-monetaria>
- Dominguez, A. (n.d.). *¿Qué es Scrum y por qué tu equipo debería evaluarlo?* Retrieved June 1, 2021, from <https://www.albertodominguez.co/que-es-scrum/>
- Entrup, M., Günther, H. O., Beek, P., Grunow, M., & Seiler, T. (2005). Mixed-Integer Linear Programming approaches to shelf-life-integrated planning and scheduling in yoghurt production. *International Journal of Production Research* *43* (2005) *23*, 43. <https://doi.org/10.1080/00207540500161068>
- ESPAÑOLA, R. A. (n.d.). *Diccionario de la lengua española*. 2021. Retrieved April 17, 2021, from <https://dle.rae.es/cecina?m=form>
- Estadísticas, F., Instituto, A., & Estadísticas, N. De. (2019). *Boletín de Cecinas 2019*.
- Fürst, K., & Schmidt, T. (2001). Turbulent markets need flexible supply chain communication. *Production Planning & Control*, *12*(5), 525–533. <https://doi.org/10.1080/09537280110042747>
- G2. (2021). *Compare Oracle SCM Cloud, SAP Integrated Business Planning, and Logility Solutions*. <https://www.g2.com/compare/oracle-scm-cloud-vs-sap-integrated-business-planning-vs-logility-solutions>
- Georgiadis, P., Vlachos, D., & Iakovou, E. (2005). A system dynamics modeling framework for the strategic supply chain management of food chains. *Journal of Food Engineering*, *70*(3), 351–364. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.06.030>
- Gutierrez, H., & De la Vara, R. (2009). Control Estadístico y de calidad seis sigma. In *Control Estadístico y de calidad seis sigma* (2nd ed.). Mx Graw Hill.
- Harmon, P. (2019). *Business Process Change* (4th ed.). Morgan Kaufman.
- Investing. (n.d.). *S&P CLX IPSA*. Retrieved July 24, 2021, from <https://es.investing.com/indices/ipsa>

- Javidroozi, V., Shah, H., Amini, A., & Feldman, G. (2016). Business process change: A guide for implementers. *Proceedings of the International Conference on E-Learning, e-Business, Enterprise Information Systems, and e-Government (EEE)*, July, 93–99. <https://search.proquest.com/openview/e2296d333a66e39d3d18c9adaf69e44c/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1976356>
- Kenton, W. (2020). *Supply Chain*. <https://www.investopedia.com/terms/s/supplychain.asp>
- Ketzenberg, M. E., Rosenzweig, E. D., Marucheck, A. E., & Metters, R. D. (2007). A framework for the value of information in inventory replenishment. *European Journal of Operational Research*, 182(3), 1230–1250. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.09.044>
- Kondili, E., Pantelides, C. C., & Sargent, R. W. H. (1993). A general algorithm for short-term scheduling of batch operations—I. MILP formulation. *Computers & Chemical Engineering*, 17(2), 211–227. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0098-1354\(93\)80015-F](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0098-1354(93)80015-F)
- Kotter, J. P. (2004). *EL PROCESO DE OCHO ETAPAS*. Lider Del Cambio. https://kupdf.net/download/kotter-john-el-lider-del-cambio-libro-completo_58a1db926454a7932eb1e8ee_pdf
- Lapide, L. (2004). Sales and Operations Planning Part I: The Process. *Journal of Business Forecasting*, 23(3), 17–19.
- Llanquihue, C. (2020). *Cecinas, más que simplemente carne: 4 datos que debes conocer*. <https://cecinasllanquihue.cl/blog/cecinas-carne-4-datos/>
- Neves-Moreira, F., Almada-Lobo, B., Cordeau, J.-F., Guimarães, L., & Jans, R. (2019). Solving a large multi-product production-routing problem with delivery time windows. *Omega*, 86, 154–172. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.omega.2018.07.006>
- Polon, P., Alves, A., Olivo, J., Paraíso, P., & Andrade, C. (2017). Production optimization in sausage industry based on the demand of the products. *Journal of Food Process Engineering*, 41, e12644. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12644>
- Retail, A. (2021). *¿Cuáles son los principales desafíos del retail para este 2021?* American Retail. <https://www.america-retail.com/chile/cuales-son-los-principales-desafios-del-retail-para-este-2021/>
- Schroeder, R. G. (1999). Programacion de operaciones. In *Administración de operaciones* (3ra ed.). MCGRAW-HILL INTERAMERICANA.
- SII. (2021). *Nueva tabla de vida útil de los bienes físicos del activo inmovilizado*. https://www.sii.cl/valores_y_fecha/tabla_vida_util_activo_inmovilizado.html
- Stoddard, D. B., & Jarvenpaa, S. L. (1995). Business Process Redesign: Tactics for Managing Radical Change. *Journal of Management Information Systems*, 12(1), 81–107. <https://doi.org/10.1080/07421222.1995.11518071>
- T.Jones, D., & P.Womack, J. (2003). Lean Thinking. In *Lean Thinking*. Gestión 2000.
- Taylor, F. (1919). *The principles of scientific management*. Harper & brothers.
- Tomben, C., Lever, G., & Cruz, M. del P. (2016). Tendencias del Retail en Chile. *Cámara de Comercio de Santiago*, 1–72. <https://bit.ly/2VsaMTc>

- University, M. S. (2020). *How Demand Planning Can Improve the Supply Chain*.
<https://www.michiganstateuniversityonline.com/resources/supply-chain/how-demand-planning-improves-supply-chain/>
- Weske, M. (2012). *Business Process Management* (2nd ed.). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Wight, O. (n.d.). *What is Integrated Business Planning?* Retrieved April 17, 2021, from
<https://www.oliverwight-eame.com/en-GB/integrated-business-planning/what-is-ibp>

Anexo

A.2 Análisis de la situación actual

Tabla 22. Extracto del Plan comercial original Abril-Mayo-Junio

Material	Valores														
	Sem 13 b	Sem 14	Sem 15	Sem 16	Sem 17	Sem 18	Sem 19	Sem 21	Sem 20	Sem 22 a	Sem 22 b	Sem 23	Sem 24	Sem 25	Sem 26 a
1040004	4.923	29.538	29.538	29.538	24.615	31.370	31.370	31.370	26.142	5.228	25.201	30.241	30.241	30.241	10.080
1040005	4.121	24.728	24.728	24.728	20.607	26.575	26.575	26.575	22.146	4.429	22.115	26.538	26.538	26.538	8.846
1040014	5.242	31.450	31.450	31.450	26.208	22.548	22.548	22.548	18.790	3.758	19.330	23.196	23.196	23.196	7.732
1040017	877	5.259	5.259	5.259	4.383	4.984	4.984	4.984	4.153	831	4.021	4.825	4.825	4.825	1.608
1040018	218	1.308	1.308	1.308	1.090	1.648	1.648	1.648	1.373	275	1.442	1.731	1.731	1.731	577
1040019	978	5.866	5.866	5.866	4.888	5.485	5.485	5.485	4.571	914	4.524	5.429	5.429	5.429	1.810
1040021	834	5.002	5.002	5.002	4.168	4.319	4.319	4.319	3.599	720	3.799	4.559	4.559	4.559	1.520
1040037	1.207	7.240	7.240	7.240	6.033	8.863	8.863	8.863	7.386	1.477	8.166	9.799	9.799	9.799	3.266
1040048	1.000	6.002	6.002	6.002	5.001	6.302	6.302	6.302	5.251	1.050	5.401	6.482	6.482	6.482	2.161
1040053	250	1.500	1.500	1.500	1.250	1.375	1.375	1.375	1.146	229	1.200	1.440	1.440	1.440	480
1040059	126	757	757	757	631	813	813	813	678	136	756	907	907	907	302
1040061	26	155	155	155	129	213	213	213	177	35	170	204	204	204	68
1040063	100	600	600	600	500	525	525	525	438	88	420	504	504	504	168
1040074	610	3.660	3.660	3.660	3.050	4.420	4.420	4.420	3.683	737	3.704	4.445	4.445	4.445	1.482

Pauta de entrevista

1. What were the responsibilities of the person being interviewed in general and in terms of the current reengineering initiative?
2. How did reengineering get started? Why was it started?
3. How were consultants used on the initiative?
4. What did the organization do to get ready for reengineering?
5. When did the initiative get formally launched? When was the team formed?
6. What have been the major events and milestones of the initiative'?
7. What events and milestones are forthcoming?
8. What were the objectives of the initiative at the beginning, at the end of df:sign, at the end of pilot? How were the objectives established and communicated?
9. Who was involved in the initiative? Were they full-time/part-time? Who was excluded?
10. Who was the sponsor of the initiative? What was the sponsor's background? What did they do for the initiative?
11. Who was the champion of the initiative? What was the champion's ground? What did they do for the initiative?
12. How was the initiative communicated to those not involved? When did the communication take place? What was the form and medium?
13. What type of milestones did the initiative have? Were they flexible or rigid?
14. What type of training was provided?
15. . What was done to prepare the organization for behavior and attitude changes?
16. How has the organization changed to accommodate the new processes? 1
17. What was the role of IS function and information systems applications?
18. How else has the change been managed on the initiative?
19. What were the main lessons from the initiative?

Metodología de cálculos de tiempo

1- Apertura del plan comercial

Para medir el tiempo de esta actividad, se cronometró con apoyo de un celular el tiempo completo que demora el planificador comercial en descargar el plan comercial, ingresar en su planilla estos datos y finalmente generar una tabla dinámica que considere las salidas históricas diarias de cada producto para realizar la apertura.

Para medir el tiempo se consideración dos muestras, la del mes de marzo y la de abril.

Tiempo de apertura plan de marzo: 18 minutos, 43 segundos

Tiempo de apertura de plan de abril: 19 minutos, 23 segundos

Por un tema de notación y simplicidad se definió el tiempo de esta actividad en 20 minutos.

2- Planificación de la producción de cecinas

Según lo conversado inicialmente con el planificador de cecinas, el tiempo que él estimaba que destinaba para esta tarea era de 8 horas para planificar un mes. Sin embargo, esta estimación no era precisa, ya que, durante una jornada laboral surgen otras cosas a las que hay que dedicarle tiempo.

Es por esto por lo que se realizó una medición del tiempo que se demora en planificar dos semanas, esta medición al igual que la anterior se realizó a través de un cronometro.

Planificación semana 14 EAD: 55 minutos, 35 segundos

Planificación semana 15 EAD: 62 minutos, 13 segundos

Planificación semana 14 Sopraval: 32 minutos, 02 segundos

Planificación semana 15 Sopraval: 27 minutos, 36 segundos

En base a estas mediciones, se definió el tiempo de planificación de una semana como de 1 hora con 30 minutos. Para estimar el tiempo que se demora en planificar un mes se calculan que en general un mes tiene 4 semanas, lo que deja el tiempo de planificación en 6 horas.

Para esta estimación, no se incluye el tiempo que se demora en generar la planilla de planificación de cada mes el planificador de cecinas. Esta actividad consiste en copiar la planilla del mes anterior, borrar la planificación de los días y cambiar el stock inicial por el que corresponde al primer día del mes en curso. El tiempo aproximado que demora esta acción es de 10 minutos y se realiza una vez por cada mes planificado.

3- Validación productiva

La validación productiva es una activada realizada en ambas plantas, en particular para esta actividad se ha acordado dentro de la cadena de suministro un plazo máximo de 3 días para el jefe de las plantas entregue la validación junto con los ajustes correspondientes. Este plazo en base a lo conversado con el planificador industrial de cecinas y con ambos jefes de plantas generalmente se cumple, por lo que se definirá el tiempo que demora esta actividad en 3 días hábiles.

A.4 Diagramas de flujos

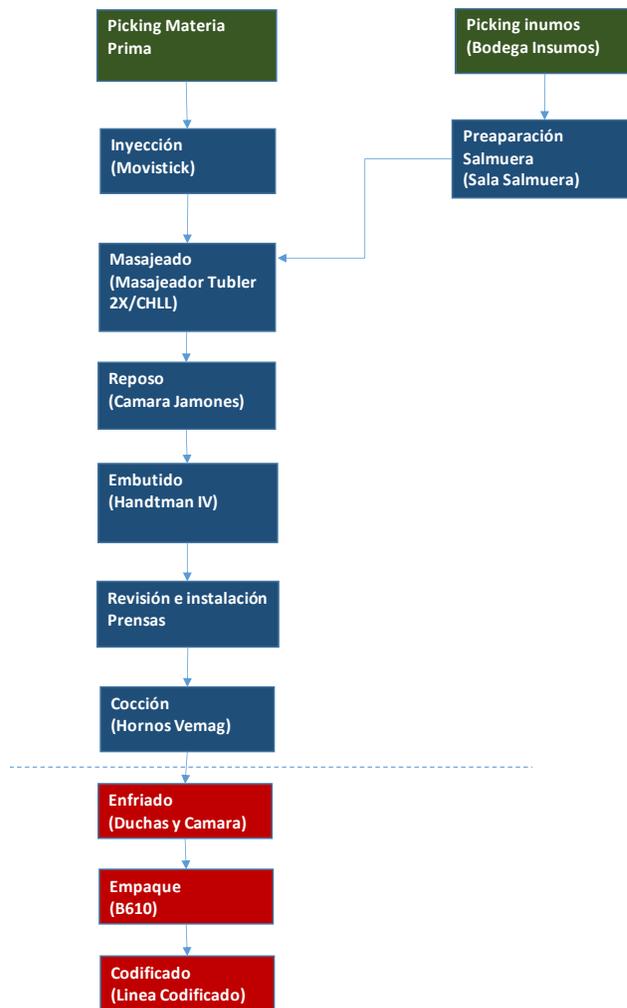


Figura 27. Diagrama de Flujo Jamones G3 EAD

DIAGRAMA DE PROCESO LÍNEA JAMÓN CAMPESTRE AHUMADO LC
picking materia prima

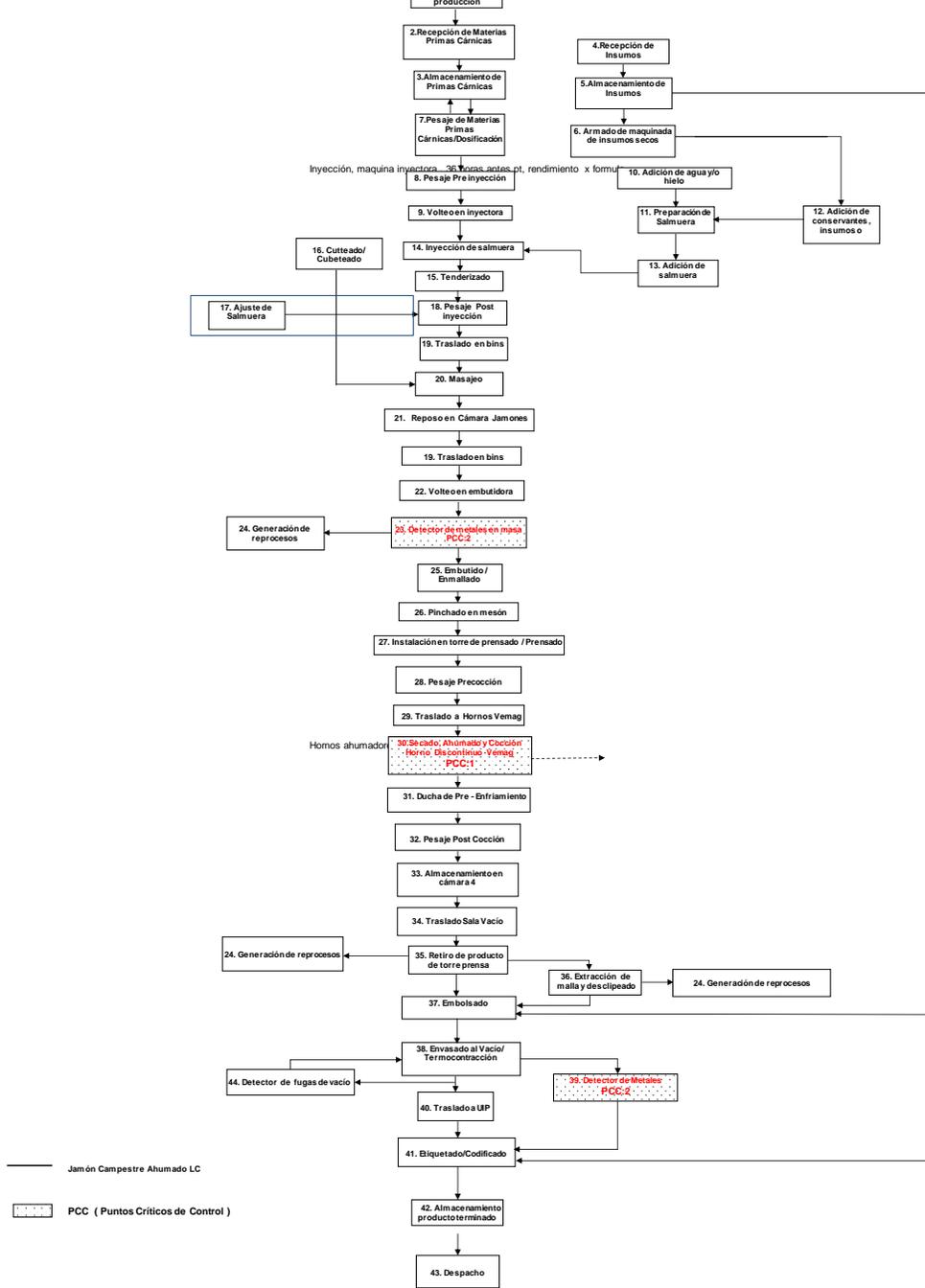


Figura 28. Diagrama de Jamones G3(Original)

A.6.3 Cantidad de variables del modelo

```
Gurobi Optimizer version 9.1.2 build v9.1.2rc0 (win64)
Thread count: 2 physical cores, 4 logical processors, using up to 4 threads
Optimize a model with 5382 rows, 8310 columns and 20134 nonzeros
Model fingerprint: 0x2e5013a7
Model has 2040 general constraints
Variable types: 6120 continuous, 2190 integer (0 binary)
Coefficient statistics:
  Matrix range      [3e-01, 4e+03]
  Objective range   [1e+00, 6e+00]
  Bounds range      [2e+00, 5e+04]
  RHS range         [5e+00, 3e+05]
Presolve removed 842 rows and 4073 columns
Presolve time: 0.27s
Presolved: 4540 rows, 4237 columns, 15620 nonzeros
Variable types: 2707 continuous, 1530 integer (84 binary)

Root relaxation: objective 5.877450e+06, 4181 iterations, 0.27 seconds
```

Figura 29. Modelo EAD. Fuente: Gurobi

```
Gurobi Optimizer version 9.1.2 build v9.1.2rc0 (win64)
Thread count: 2 physical cores, 4 logical processors, using up to 4 threads
Optimize a model with 1787 rows, 2883 columns and 6047 nonzeros
Model fingerprint: 0x153a8323
Model has 682 general constraints
Variable types: 2046 continuous, 837 integer (0 binary)
Coefficient statistics:
  Matrix range      [1e+00, 4e+03]
  Objective range   [3e+00, 6e+00]
  Bounds range      [5e+00, 5e+04]
  RHS range         [1e+00, 3e+05]
Presolve removed 211 rows and 1328 columns
Presolve time: 0.04s
Presolved: 1576 rows, 1555 columns, 5266 nonzeros
Variable types: 623 continuous, 932 integer (0 binary)

Root relaxation: objective 3.122995e+06, 1361 iterations, 0.06 seconds
```

Figura 30. Modelo Sopraval. Fuente Gurobi

A.8 Productos con oportunidad de crecimiento

Tabla 23. Metas comercial cecinas 2021, canal Supermercados. Fuente: Reunión S&O mayo procesados

SEGMENTO	META 2021	SHARE YTD	Cumpl YTD	Ton Prom YTD AS	Ton Prom YTD M*	Ton Meta	Plan Mayo	Crec Plan vs Meta	Crec Plan vs YTD	% Proy Share Plan	PP YTD	PP Mayo	Dif Precio	Cumpl PC YTD
FIAMBRE	7,5%	3,3%	● 44%	15,5	469	35,3	26,3	● -25%	● 70%	5,6%	\$2.446	\$ 2.372	\$ -74	● 70%
T. PECHUGA POLLO	52,3%	42,9%	● 82%	113,0	263	137,5	141,6	● 3%	● 25%	53,8%	\$3.518	\$ 3.468	\$ -50	● 88%
T. JAMONES CERDO MASIVOS	11,1%	8,9%	● 80%	82,7	929	103,2	104,4	● 1%	● 26%	11,2%	\$4.453	\$ 4.458	\$ 5	● 88%
SALCHICHAS	3,8%	1,9%	● 50%	72,1	3.794	143,5	92,1	● -36%	● 28%	2,4%	\$1.844	\$ 2.002	\$158	● 81%
T. PARRILLEROS PREMIUM	8,6%	6,0%	● 70%	35,8	596	51,0	34,6	● -32%	● -3%	5,8%	\$5.378	\$ 5.935	\$557	● 91%
T. JAMONES CERDO PREMIUM	15,8%	7,5%	● 48%	26,2	349	55,1	28,7	● -48%	● 10%	8,2%	\$6.335	\$ 6.792	\$457	● 85%
T. PECHUGA PAVO	71,9%	69,3%	● 96%	399,0	575	413,3	428,7	● 4%	● 7%	74,6%	\$5.620	\$ 5.701	\$ 81	● 98%
T. JAMONES PAVO	85,6%	86%	● 100%	96,5	112	95,9	107,6	● 12%	● 12%	96,1%	\$4.431	\$ 4.719	\$288	● 101%
T. PARRILLEROS LONGANICILLAS	56,7%	54,7%	● 96%	82,3	150	85,1	105,6	● 24%	● 28%	70,4%	\$5.671	\$ 6.156	\$485	● 101%
T. PARRILLEROS MASIVO	11,6%	11,7%	● 101%	79,7	681	78,9	87,6	● 11%	● 10%	12,9%	\$2.341	\$ 2.387	\$ 46	● 88%
TOTAL CECINAS	14,80%	11,20%	● 76%	1.002,8	7.918,0	1.198,8	1.157,2	● -3%	● 15%	14,6%				● 91%



Figura 31. Longanillas. Fuente: Tottus



Figura 32. Pechuga de Pavo. Fuente: Lider



Figura 33. Parrillero Masivo. Fuente : Lider



Figura 34. Jamón de Pavo. Fuente: Lider