Universidad de Valparaíso
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Industrial

Programación de la Producción en Productos Torre S.A. Planta Quillota

Por

Nathalie Victoria Carmona Mota
Javiera Loreto Peña Tapia

Trabajo de Título para optar al Grado de Licenciado en Ciencias de la Ingeniería y título de Ingeniero Civil Industrial

Prof. Guía: Erik Schulze

Enero 2018

Agradecimientos

Quiero agradecer sinceramente a todos quienes estuvieron este largo tiempo dándome su apoyo, compañía y alentándome a seguir adelante con el arduo y complejo trabajo que es hacer una tesis. No siempre es fácil tener el ánimo o la disposición para continuar, pero sé que habría sido mucho más difícil si no hubiese tenido el constante apoyo mis profesores, amigos y familia.

Quiero agradecer en primer lugar a mi mamá y mi hermana que estuvieron conmigo en las buenas y por sobre todo en las malas. Cada palabra y contención que recibí en el momento preciso me ayudó a sacar adelante esta tesis. Gracias por ser el pilar fundamental de mi vida, porque sin ustedes esto habría sido casi imposible para mí y porque siempre al final del día fuimos las tres.

Gracias también a mi papá que se preocupó de que no me faltara nada a lo largo de la carrera y a Juanita por ser mi segunda mamá a lo largo de mi vida, criándome y educándome.

Quiero agradecer la guía y orientación de mis profesores Erik Schulze y Luis Seccatore, quienes tuvieron toda la disposición y sabiduría de guiarme de la mejor manera para entregar un trabajo completo y bien hecho. Y, aunque no haya sido un camino fácil, sé que, sin lugar a duda, todo esto me hace crecer profesionalmente.

Quiero agradecer también a la empresa Torre y sus trabajadores, en especial a Carlos Vega, quienes tuvieron la buena voluntad de recibirme, ayudar y otorgar toda la información necesaria, sin la cual no hubiese sido posible el desarrollo de esta tesis.

Todo esto tampoco hubiese sido posible si mis amigos y familia no hubiesen estado presentes, aguantando mi ánimo, escuchando los problemas que se me presentaron en el desarrollo de esta tesis (y sabemos que fueron varios), y alentándome a seguir adelante en este último, pero gran paso, que es desarrollar una tesis.

Saben que muchas veces me sentí sola y totalmente incomprendida de que nadie pudiera ayudarme (sobre todo con el desarrollo del modelo), pero incluso cuando ni yo misma creí en mí, ahí estaban ustedes, creyendo en mí y otorgándome esa cuota de confianza que me hacía falta. Siempre supieron contenerme, escucharme o simplemente ser un brazo amigo cuando estuve por declinar.

No tengo más que agradecimiento y felicidad en mi corazón de terminar esta etapa, sabiendo que hice el mejor esfuerzo y tuve la suerte de contar con el apoyo y compañía de todos ustedes.

Nathalie.

Agradezco a mis padres por haber confiado en mí y por ser mi gran apoyo en mi desarrollo universitario.

A mis profesores, por ser quienes dan las primeras herramientas que luego se utilizaremos en el mundo profesional que nos espera. Agradezco especialmente a nuestro profesor guía, quien desde el comienzo nos motivó y tuvo la mejor disposición para acompañarnos en nuestro trabajo.

A mi gran compañera y amiga Nathalie, gracias, gracias y más gracias por haber sido mi gran compañera durante este año, una de las mejores cosas fue haber compartido contigo cada uno de los momentos que vivimos durante estos meses, extrañare esos silencios "no incómodos" entre nosotras… esos silencios que se producían cuando la concentración reinaba. Gracias por darme fuerza y por esas lindas palabras que me reconfortaban para seguir.

A mis grandes amigos que conocí en esta carrera, definitivamente en los mejores recuerdos universitarios que me llevo están ustedes presentes.

Gracias a Productos Torre S.A. por haber apostado por nosotras, por permitirnos desarrollar nuestro trabajo de título y, por, sobre todo, por la excelente disposición que siempre tuvieron con nosotras.

Javiera.

Dedicatorias

A mi mamá, la que siempre sin importar el momento y el lugar estuvo conmigo acompañándome en todas las situaciones importante de mi vida. Por darme la calma, la tranquilidad y creer en mí siempre. Por ser la mejor mamá que podría haber tenido y porque esta tesis no solo es fruto de mi esfuerzo, sino que del tuyo también. Quiero que sepas que esta batalla la ganamos juntas y que siempre estaré para ti, porque tú lo mereces todo.

A mi hermana, que siempre me escuchó y me orientó cuando perdí el rumbo de la situación, porque nadie mejor que tú me conoce y porque la complicidad que tenemos es única e infinita. Por tu preocupación y tu amistad, ya que sin duda además de ser mi hermana, eres mi mejor amiga. Gracias por tanto.

Nathalie.

Hoy te escribo a ti papá, porque en mi vida eres fuerza y amor, y todo fruto de mi esfuerzo va dedicado a ti. Te agradezco por enseñarme que las montañas son altas solo si se miran desde abajo, que las nubes también se desvanecen en llanto y después retoman su figura, que los tropiezos y las caídas dejan moretones que desaparecen pronto ¡y que no hay cosa más hermosa en esta vida que vivirla!

Gracias por haber desarrollado el don de la paciencia y la virtud de la tolerancia, por no quebrarte y desmoronarte en mil pedazos. Por haber sacrificado tanto, tu tiempo, tus sueños, tu espacio y tu vida; por haberme dedicado cada segundo, de cada minuto y de cada hora. Y como si todo eso no fuera suficiente, por acudir a mí con una sonrisa siempre que te necesitaba y entregarme esa paz que solo tú sabías darme. Gracias por hacerme una mujer fuerte, honesta, fiel. Por demostrarme que no existen imposibles, que los horizontes son líneas imaginarias intangibles, y que después de las tormentas las aguas se calman.

De ti aprendí que más no es siempre lo mejor, pero que no hay que conformarse con menos. Que a veces no hay palabras para describir los sentimientos, pero que un abrazo cariñoso y sincero siempre logra llenar vacíos.

Te admiro porque fuiste tan sencillo y complicado a la vez, y porque caminaste sobre una línea recta incluso cuando el camino se tornó curvoso.

Y en mis intentos de dar lo mejor de mí, pensare en ti papá.

Javiera.

ÍNDICE

Glosario 9
Lista de abreviaturas o siglas 10
Lista de símbolos 11
Lista de Figuras 12
Lista de tablas 13
Resumen 15
Abstract 17
Introducción 19
Capítulo I: Antecedentes de la empresa 21
1.1 Historia Empresa Productos Torre S.A. 21
1.2 Datos de la organización 22
1.3 Área de producción 26
1.3.1 Equipos Utilizados en el Área de Productos Terminados 29
1.3.2 Descripción de proceso 32
1.4 Planteamiento del problema a estudiar 36
1.5 Objetivos generales y específicos 47
Capítulo II: Marco Teórico 48
2.1 Planificación de la producción 48
2.2 Planificación agregada 50
2.3 Criterios de evaluación 51
2.2.1 Maximización de beneficios 51
2.2.2 Minimización de los costos 51
2.4 Métodos en la programación de la producción 54
2.4.1 Métodos de comparación de alternativas 55
2.4.2 Métodos que utilizan reglas de decisión 55
2.4.3 Métodos basados en modelos de programación lineal 57
2.5 Comparación entre métodos 58
2.6 Metodología 59
Capítulo III: Aplicación de la Metodología 61
3.1 Levantamiento de proceso 61
3.2 Análisis de requerimientos 66
3.3 Diseño del modelo 68
3.4 Verificación de los Resultados 76
Capítulo IV: Análisis 81

4.1 Resultados Obtenidos 81
Capítulo V: Conclusiones 84
5.1 Propuestas 86
Bibliografía 87
Anexo 88

Glosario

- **MP:** Materia que se transforman posteriormente en el cuaderno que será vendido, como bobinas de papel y alambres.
- **LM**: Información disponible en el programa SAP de semielaborados, consumos y mermas para la fabricación de cuadernos.
- **HR:** Información disponible en SAP sobre el recorrido que sigue cada cuaderno en las distintas máquinas hasta lograr su estructura final. Se incluyen dentro de este ítem el estándar de la maquinaria, set-up, mano de obra, energía e insumos.
- **Formato:** Dimensiones de los cuadernos que serán fabricados.
- **OF:** Documento que inicia el proceso de fabricación del lote de cuadernos que será llevado a cabo, indicando los materiales y cantidades que se requieren.
- **SE:** Son las MP correspondientes a las tapas de los cuadernos, que ya pasaron por procesos de prensado, termolaminado, barnizado y Emplacado.
- **UC**: Unidades de cuaderno para indicar los productos contabilizados.

Lista de abreviaturas o siglas

- S.E: Semi-elaborado
- PT: Producto terminado
- OF: Orden de fabricación
- LM: Lista de materiales
- HR: Hoja de ruta
- MP: Materia prima
- SE: Semielaborado
- LDR: Regla de decisión lineal
- UC: Unidades de cuaderno

Lista de símbolos

- =: igual
- >: mayor a
- <: menor a
- ≤: Menor o igual a
- ≥: Mayor o igual a
- Σ: Sumatoria

Lista de Figuras

Figura 1.1	Organigrama general de Productos Torre S.A.
Figura 1.2	Esquema de procesos en el área de producción
Figura 1.3	Esquema jerárquico del área de producción
Figura 1.4	Rayadora E.C.H Will 1
Figura 1.5	Rayadora E.C.H Will 2
Figura 1.6	Rayadora Will Womako
Figura 1.7	Guillotina Polar N 137 Plus
Figura 1.8	Guillotina Polar 115x
Figura 1.9	Womako 542
Figura 1.10	Bielomatik P42-49
Figura 1.11	Diagrama de Flujo de Proceso Productivo
Figura 1.12	Gráfico de unidades de cuaderno producidas y fabricadas
Figura 1.13	Gráfico de los tiempos de mantención correctiva.
Figura 1.14	Gráfico comparativo año 2014
Figura 1.15	Gráfico comparativo año 2015
Figura 1.16	Gráfico comparativo año 2016
Figura 1.17	Quiebres de stock
Figura 1.18	Resumen de productos año 2016
Figura 2.1	Producción y operaciones de la empresa
Figura 2.2	Planificación jerárquica de la producción
Figura 2.3	Secuencia de la metodología
Figura 3.1	Diagrama Pareto
Figura 3.2	Esquema proceso de producto terminado
Figura 4.1	What’s Best Status

Lista de tablas

Tabla 1.1	Unidades de cuadernos planificados v/s producidos
Tabla 1.2	Tiempos improductivos en el área de productos terminados
Tabla 1.3	Distribución de la producción diciembre 2014
Tabla 1.4	Distribución de la producción diciembre 2015
Tabla 1.5	Distribución de la producción diciembre 2016
Tabla 1.6	Tiempos de Ajustes y Set-Up
Tabla 1.7	Tiempos de mantención correctiva
Tabla 1.8	Tiempos de mano de obra
Tabla 1.9	Valorización de desperdicio
Tabla 2.1	Métodos de planificación agregada
Tabla 3.1	Elección de familia de productos
Tabla 3.2	Abreviatura de maquinaria
Tabla 3.3	Pronóstico de ventas mensual año 2017
Tabla 3.4	Variables de decisión
Tabla 3.5	Parámetros
Tabla 3.6	Descripción de productos (i)
Tabla 3.7	Descripción de insumos (s)
Tabla 3.8	Cantidad de insumos disponibles en el período p
Tabla 3.9	Cantidad de recurso z disponible de producto i en el período p G_{izp}
Tabla 3.10	Capacidad de producción, inventario y almacenamiento en bodega
Tabla 3.11	Costos de producción, inventario y almacenamiento en bodega
Tabla 3.12	Resultados finales de la situación actual
Tabla 3.13	Resultados de la variable decisión X_{ip}

Tabla 3.14 Resultados de la variable de decisión I_{ip}

Tabla 3.15 Cantidad de insumos utilizados

Tabla 3.16 Comparación entre insumos utilizados y disponibles

Tabla 3.17 Cantidad de Horas-Hombre/día y trabajadores requeridos por producto

Tabla 4.1 Resultados del modelo de programación de la producción

Tabla 4.2 Comparación de escenarios

Resumen

El presente proyecto de título realizó una programación de la producción en el área de productos terminados de la Empresa Productos Torre S.A. El capítulo I revisó los antecedentes de la empresa, incluyendo un breve repaso sobre los orígenes de la organización y la estructura actual entre el área gráfica y el área de productos terminados. Además, fueron considerados dentro del planteamiento del problema los tiempos improductivos asociados a los cambios de formato, ajustes y set-up, la falta de semielaborados provenientes del área gráfica, las mantenciones de carácter correctiva y los quiebres de stocks producidos entre los años 2014 y 2016.

El capítulo II se enfoca en el marco teórico, exponiendo las principales diferencias entre la planificación y la programación, comparando los métodos de programación de la producción y dando como resultado la elección del método más adecuado para el problema en cuestión, siendo escogida la programación lineal como metodología. La programación lineal basada en la investigación de operaciones considerará dentro de sus principales etapas el levantamiento de proceso, análisis de requerimientos, diseño del modelo y la verificación del mismo.

El capítulo III se basa en la aplicación de la metodología, donde se elabora un pronóstico de la demanda para el año 2017 y donde son seleccionados los once productos utilizados en el modelo matemático. Se plantean además las variables de decisión y los parámetros que dan origen a las restricciones y la función objetivo.

El Capítulo IV entrega el análisis de los resultados del modelo de programación, pudiendo establecer un porcentaje de ahorro fue un 37% con respecto a los costos relacionados a la producción y un 84% en costos asociados a inventario que existen entre la situación actual y el escenario con el modelo ya aplicado.

El capítulo V y final entrega las conclusiones del trabajo de título y propuestas para la empresa, relacionadas con la importancia de contar con un stock de seguridad dentro de la planta para prevenir quiebres de stock y considerando que el porcentaje de ahorro con el modelo ya aplicado en los costos de producción e inventario fue un 47%.

Abstract

The present project of title carried out a programming of the production in the area of finished products within the Torre Product Company S.A. In chapter, I reviewed the background of the company, including a brief review of the origins of the organization and the current structure between the graphic area and the area of finished products. In addition, unproductive times associated with the changes in format, adjustments and set-up, the lack of semi-finished products from the graphic area, corrective maintenance and breakdowns of stocks produced between 2014 and 2016.

Chapter II focuses on the theoretical framework, exposing the main differences between planning and programming, comparing the methods of programming production and resulting in the choice of the most appropriate method for the problem in question, with linear programming chosen as the implemented methodology. The linear programming based on the investigation of operations will consider within its main stages the process lift, requirement analysis, model design and verification thereof.

Chapter III is based on the application of the methodology, where a forecast of the demand is prepared for the year 2017 and where the eleven products used in the mathematical model are selected. The decision variables and the parameters that give rise to the restrictions and the objective function are also considered.

Chapter IV gives the analysis of the results of the programming model, being able to establish a percentage of savings of 37% with respect to costs related to production and 84% in costs associated with inventory that exists between the current situation and the scenario with the model already applied.

Chapter V, which is the final chapter, gives the conclusions of the work of the title and proposals for the company, related to the importance of having a stock of security within the plant to prevent breakage of stock and considering that with the model that was already applied, the saving that the plant could have in its production and inventory costs was 47%.

Introducción

Actualmente dentro de la industria manufacturera ubicada en el territorio nacional, la empresa Productos Torre S.A ha trabajado durante los últimos 120 años, teniendo sus inicios como empresa familiar dedicada a la producción de cuadernos y expandiendo su fabricación al incluir artículos escolares y de oficina. Hoy en día la empresa Torre es la única planta productiva a nivel nacional de cuadernos, los cuales son distribuidos en todo Chile y el extranjero, siendo reconocida además como Top of Mind dentro del rubro.

Dentro del área de productos terminados de la planta productiva, se presentan problemas relacionados con los quiebres de stock provocados a partir de tiempos improductivos y falta de los insumos y recursos necesarios para el cumplimiento de la demanda, aumentando de esta forma los costos de producción e inventario.

Por lo tanto, a partir de la comparación de distintos métodos de programación de la producción, la metodología que fue escogida es la programación lineal, en la cual se describen los pasos a seguir para llevar a cabo el proceso de modelado, en el libro de Investigación de Operaciones de Hillier y O ‘Sullivan.

Luego fue realizado un modelo matemático que identificó los parámetros y variables que dieron lugar a la función objetivo y las restricciones que incorporan el modelo que fue realizado con la finalidad de otorgar una solución al problema que se trabajó.

El modelo de programación de la producción consideró datos correspondientes a los meses de agosto a noviembre de 2016, es decir, cuatro períodos donde fueron programadas las cinco familias de productos que presentan un mayor volumen de producción, las cuales a su vez se

subclasifican en once familias de subproductos obtenidos a partir del cruce entre el Diagrama de Pareto y los productos considerados AAA según la gerencia general.

Además, fue generado mediante la búsqueda de un factor, el pronóstico de ventas que consideró las variaciones en cada período dentro de la empresa. La programación de cuadernos en el área de productos terminados fue programada con el objetivo de minimizar los costos relacionados al inventario y la producción, considerando restricciones que se relacionan con la capacidad de la planta, la demanda y stock de seguridad, cumpliendo de esta forma con el sistema de gestión de calidad instaurado bajo la certificación ISO 9001 que se encuentra presente desde el año 2016.

La empresa además cuenta con certificaciones como la PEFC que asegura que los bosques del mundo sean gestionados de forma responsable, siendo complementada con la certificación FSC que promueve el manejo ambientalmente apropiado y considera el consumo sostenible de madera, papel y otros derivados forestales. Respecto a la administración y gestión de calidad se considera la ISO 9001.

Los costos para la fabricación de cuadernos son realizados por el Departamento de Control de Gestión de Costos. Sin embargo, al momento de realizar los cálculos, este departamento toma decisiones aisladas respecto al Departamento de Planificación.

En este trabajo de título se espera obtener como resultado la minimización de los costos de producción e inventario, pudiendo establecer de esta forma un mayor cumplimiento en la demanda de productos.

Capítulo I: Antecedentes de la empresa

1.1 Historia Empresa Productos Torre S.A.

Empresa Torre, es una firma familiar oriunda de la Quinta Región y que por estos días cruza la frontera de la tercera a la cuarta generación. Productos Torre es una de las empresas familiares de mayor trayectoria en el país. Firma fundada por inmigrantes alemanes en el año 1888 bajo el nombre de Stahr y Mex Cía. y que inicialmente se dedicaba a la compraventa de mercaderías de todo tipo mutando prontamente a la producción de bienes. Tiempo después entra a la sociedad don César Schauenburg trayendo consigo decisiones claves, tales como enfocarse en la producción de papel de fabricación especial y de la posibilidad de extenderse a la capital. Con el pasar del tiempo los hijos de ambos socios tomaron las riendas del negocio, fortaleciendo el área de impresión que nació luego de que un cliente saldará su deuda entregando su taller de litografía.

Productos Torre S.A. se dedica a la producción y comercialización de productos de consumo masivo, orientados a la satisfacción de diversos tipos de necesidades que se encuentran tanto en el ámbito escolar como en la oficina, así como en distintas instancias de estudio tales como archivar, escribir, fijar y registrar entre otros. La empresa cuenta con el manejo de tres marcas. Torre que es la marca Premium, líder en innovación y con diseños a la vanguardia. Colon que apunta hacia lo más juvenil y destacando con la variable precio/calidad muy marcada. Auca que ofrece productos de bajo precio sin descuidar la buena calidad y así competir con las marcas de primer precio.

Torre cuenta con una dotación cercana a los 400 trabajadores, teniendo una instalación en Quilicura que opera como oficina central. Allí se encuentra la gerencia general, el área comercial, ventas, diseño y distribución.

En 2016 las utilidades nacionales ascienden sobre los 700 millones de pesos, teniendo más del 55% del mercado, destacando además en el ámbito internacional ya que actualmente exporta a un número de países de Latinoamérica.

1.2 Datos de la organización

- Giro de la empresa

Fabricación de otros artículos de papel y cartón, impresión principalmente de libros, fabricación de otros productos elaborados de metal, venta al por mayor de maquinaria, herramientas, equipo y materiales, venta al por mayor de otros productos.

- Misión

Satisfacer antes y mejor que la competencia en forma sustentable, con nuestras marcas, las necesidades de soporte de los consumidores, a través de los clientes; en los ámbitos de la educación, organización y creatividad. Basándonos en una cultura de alto rendimiento, valorando a nuestros colaboradores y siendo socialmente responsables. (Productos Torre,2017, p.1).

- Visión

“Ser reconocidos en el mercado como una compañía líder, innovadora, con productos de alta calidad, óptimo servicio, con rentabilidad y crecimiento superiores a la industria.” (Productos Torre,2017, p.1).

- Dotación y Organigrama

Actualmente Productos Torre cuenta con una dotación de 400 personas. La Figura 1.1 representa gráficamente la estructura de la empresa mediante el organigrama.

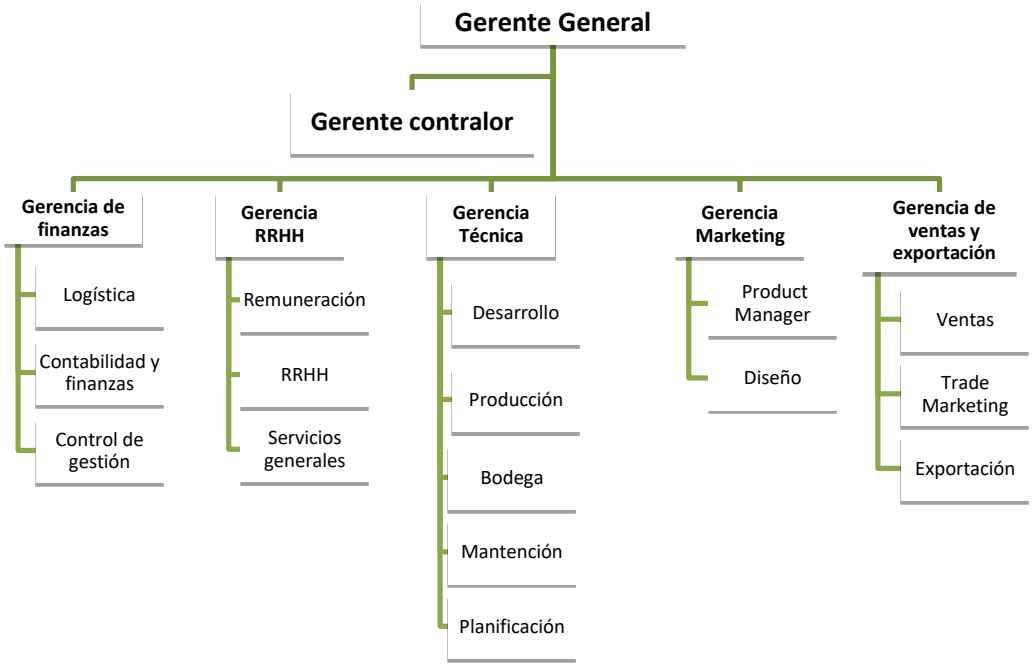

Figura 1.1. Organigrama general de la empresa Productos Torre S.A.

Fuente: Elaboración propia.

- Objetivos estratégicos

  - Velar por los valores y cultura de la organización establecidos por sus fundadores, se mantengan y difundan entre sus empleados y su entorno.

  - Presentar la Empresa frente a la comunidad, a las autoridades, al público en general y en particular a los clientes y proveedores externos.

  - Implementar y monitorear la comunicación estratégica con grupos de personas claves para Torre S.A. y garantizar la uniformidad de los principios de comunicaciones del grupo.

  - Proyectar la Imagen Corporativa, en el medio empresarial en general, en las instituciones con las cuales se relaciona, en las personas y clientes actuales y potenciales y en toda la comunidad y sociedad en las cuales se inserta el quehacer de la empresa.

  - Aumentar la participación de mercado de nuestras tres marcas (Torre, Colon y Auca).

- Principales clientes a nivel nacional

    - Walmart
    - Cencosud
    - Falabella
    - Prisa
    - Dimerc

- Países a los que se exporta

    - Ecuador
    - Colombia
    - México
    - E.E.U.U.
    - Canadá
    - Paraguay
    - Uruguay
    - Perú
    - Argentina
    - Bolivia

1.3 Área de producción

El área de producción se preocupa de cumplir con los volúmenes de producción planificados, hacer un seguimiento y control de estos, preocuparse del stock de materiales en cada máquina y llevar un control en los despachos que se efectúan hacia el departamento de bodega y almacenamiento.

Cabe destacar que producción está encargada tanto de la fabricación de las caratulas y todo lo que tenga que ver con imprenta (área grafica), como también con el ensamble de todos los cuadernos, blocks, croqueras, archivadores entre otros productos (área productos terminados). La Figura 1.2 representa los procesos que deben cumplir los diferentes productos para su fabricación, tanto en el área gráfica como en el de producto terminados.

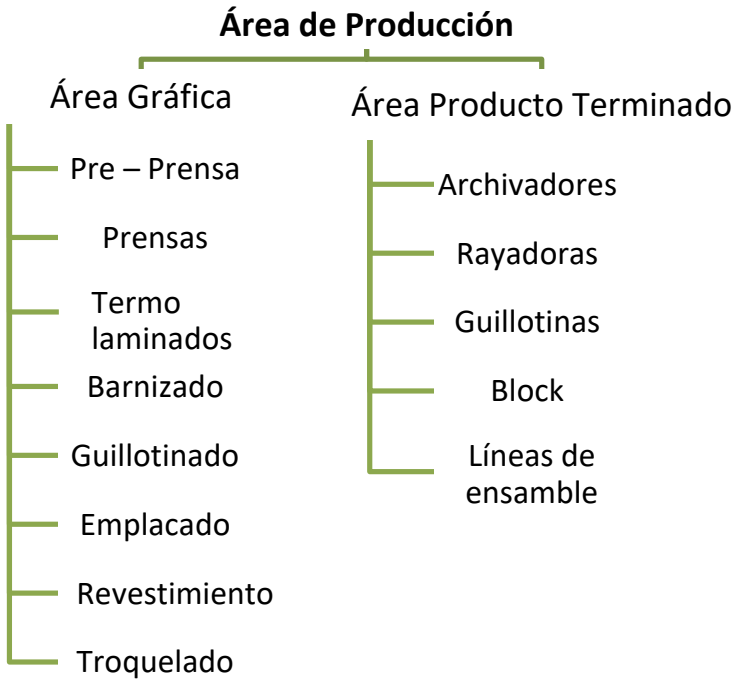

Figura 1.2 Esquema de procesos en el área de producción.

Fuente: Elaboración propia.

El presente trabajo de título se centra en el área de productos terminados de la planta, ya que es en esta área donde se realizan los procesos de ensamble y armado de los productos que posteriormente serán entregarlos al cliente final.

La figura 1.3 expone como se distribuye jerárquicamente el área de producción en la Planta.

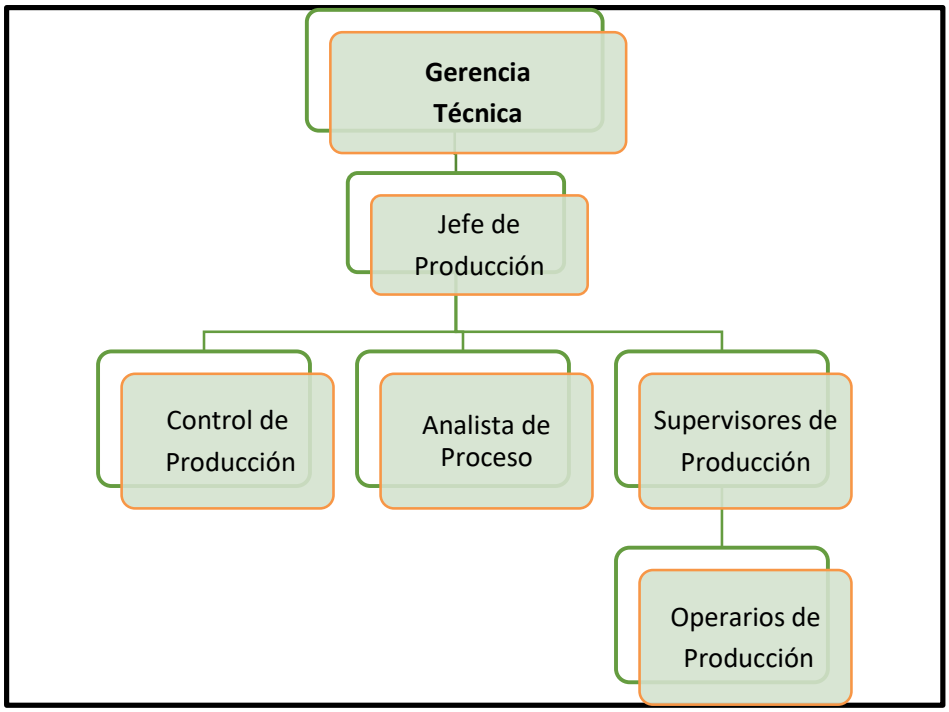

Figura 1.3 Esquema jerárquico del área de producción.

Fuente: Elaboración propia.

- Jefe de producción: Controlar y gestionar la implementación, de acuerdo con los lineamientos y políticas operacionales definidas por la Compañía, de las estrategias y planes para la producción y elaboración de los productos comercializados, cumpliendo los estándares de calidad, seguridad, eficiencia y oportunidad requerida.

- Control de producción: Responsable de la mantención de las órdenes de fabricación en los sistemas de control existentes y asegurar el abastecimiento de materiales e insumos en las máquinas acorde a los programas de producción vigentes, realizando las gestiones necesarias para el continuo funcionamiento de la producción dentro de los parámetros de calidad y productividad establecidos por la empresa, además de realizar todo lo necesario para el normal funcionamiento del departamento.

- Analista de proceso: Responsable de generar indicadores y análisis de los resultados obtenidos para presentar propuesta de soluciones que se enfoquen en mejorar los rendimientos de máquina, además de asegurar el abastecimiento de materiales e insumos en las máquinas acorde a los programas de producción vigentes, realizando las gestiones necesarias en la administración de las órdenes de fabricación y el continuo funcionamiento de la producción dentro de los parámetros de calidad.

- Supervisor de Producción: Responsable de la supervisión y del cumplimiento de la producción.

- Operario de producción: Responsable de los procesos productivos de la máquina a su cargo, o de la tarea asignada por su jefatura.

1.3.1 Equipos Utilizados en el Área de Productos Terminados

Rayadoras Will Womako, E.C.H Will 1 y E.C.H Will 2

Las rayadoras como la E.C.H Will 2 presentada en la Figura 1.5 son alimentadas mediante una bobina de papel, la cual realiza el proceso de rayado en la hoja con los diseños y formatos correspondientes a los cuadernos de tipo college.

Cuando la hoja ya tiene las rayas correspondientes al diseño que se está generando, se agrupan las hojas que son cortadas con una guillotina interna. La Figura 1.4 y 1.6 muestran como trabajan las máquinas E.C.H Will 1 y Will Womako respectivamente, finalizando el rayado y donde los pliegos pasan a las guillotinas Polar 115x y Polar N 137 Plus.

Figura 1.4 Rayadora E.C.H Will 1
[Fotografía de Nathalie Carmona]. (Planta Productiva Productos Torre. 2017) Archivos Fotográficos de Torre S.A Quillota, Valle del Aconcagua.

Figura 1.5 Rayadora E.C.H Will 2
[Fotografía de Nathalie Carmona]. (Planta Productiva Productos Torre. 2017) Archivos Fotográficos de Torre S.A Quillota, Valle del Aconcagua.

Figura 1.6 Rayadora Will Womako
Figura 1.4 E.C.H Will 1
[Fotografía de Nathalie Carmona]. (Planta Productiva Productos Torre. 2017) Archivos Fotográficos de Torre S.A Quillota, Valle del Aconcagua.

Guillotinas

Los alces de hojas que fueron rayados por la E.C.H Will 1 pasan a la guillotina Polar N 137 Plus que se especifica en la Figura 1.7 y los que fueron rayados por la Will Womako pasan a la Polar 115 x que se representa en la Figura 1.8 donde son cortados. De esta forma cada pliego formará cuerpos de 6 u 8 hojas,

que serán entregados a la P 42/49 o a la Womako 530, según la disponibilidad que tengan las máquinas. Las especificaciones técnicas para las guillotinas se encuentran en el Anexo N°2.

Figura 1.7 Guillotina Polar N 137 Plus
[Fotografía de Nathalie Carmona]. (Planta Productiva Productos Torre. 2017) Archivos Fotográficos de Torre S.A Quillota, Valle del Aconcagua.

Figura 1.8 Guillotina Polar 115x
[Fotografía de Nathalie Carmona]. (Planta Productiva Productos Torre. 2017) Archivos Fotográficos de Torre S.A Quillota, Valle del Aconcagua.

Líneas de ensamble: Womako 530, Womako 520, Womako 542 y Bielomatik P 42-49

Los alces de hojas provenientes de la guillotina Polar N 137 Plus pasa a la Womako 542 que se especifica en la Figura 1.9, sin embargo, los alces que fueron cortados por la Polar 115x continúan su recorrido dirigiéndose a las máquinas Womako 530 o Bielomatik P42-49, representada en la Figura 1.10. La máquina Womako 520 realiza su función desde el inicio contemplando desde la entrada de la bobina hasta la salida del producto terminado.

Figura 1.9 Womako 542

[Fotografía de Nathalie Carmona]. (Planta Productiva Productos Torre. 2017) Archivos Fotográficos de Torre S.A Quillota, Valle del Aconcagua.

Finalmente, los cuadernos son empacados y puestos en cajas según las medidas indicadas en la ficha técnica, siendo llevados al área de despacho.

Las especificaciones técnicas correspondientes a las líneas de ensamble se encuentran en los Anexos N°3 y N°4.

Figura 1.10 Bielomatik P42-49

[Fotografía de Nathalie Carmona]. (Planta Productiva Productos Torre. 2017) Archivos Fotográficos de Torre S.A Quillota, Valle del Aconcagua.

1.3.2 Descripción de proceso

La secuencia de etapas que requiere el proceso productivo se especifica en la Tabla 1.1 donde se considera lo que se va a hacer, la forma en cómo se efectuará, cuando se realizará, quien es el responsable y dónde será ejecutada dicha etapa.

Tabla 1.1 Etapas proceso productivo

QUÉ	CÓMO	CUANDO	RESPONSABLE	DÓNDE
Envío de programa productivo mensual.	Se recepciona desde Planificación el programa mensual en planilla Excel.	La primera quincena del mes anterior	Depto. Planificación	Vía Mail.
Revisión de programa mensual.	En reunión de coordinación entre Planificación y Producción (PUMO, Abastecimiento, Productos).	Una vez recepcionado el programa mensual	Reunión multi-áreas	Sala de reuniones
Depto. Planificación	Al no ser aprobada la revisión del programa mensual se devuelve a Depto. Planificación para su modificación	En el momento de la revisión del programa	Reunión multi-áreas	Sala de reuniones
Ejecución de programa mensual	Fabricando los productos	Según programa	Depto. Producción	Maquinas productivas
Verificación de programa semanal	En reunión de coordinación entre Planificación y Producción (Abastecimiento, Productos, Contingencias)	Todos los días miércoles de la semana anterior.	Reunión multi-áreas	Sala de reuniones
Depto. Planificación	Al no ser aprobada la revisión del programa semanal se devuelve a Depto. Planificación para su modificación	En el momento de la revisión del programa	Reunión multi-áreas	Sala de reuniones
Validación diaria del programa.	Revisando las OF´s abiertas que entraran en producción	Todos los días	Control de Producción	Sistema SAP
Revisión y Liberación de OF´s	Revisado con Check List (HR, FT, PI, STII)	Todos los días	Control de Producción	Sistema SAP y STII

Depto. Planificación	Al no ser aprobada la liberación de la OF, se devuelve a Depto. Planificación para su modificación	En el momento de la revisión	Depto. Producción	Vía Mail.
Solicitud de Materiales	Realizando una solicitud de todos los materiales que se ocuparan en las próximas 24 hrs. (Planilla Excel).	Todos los días	Control de Producción	Vía Mail.
Recepción de Materiales	Chequeando físicamente los materiales que entrega bodega v/s SAP	Todos los días	Control de Producción	En Zona de Recepción de Materiales / SAP
Revisión de Materiales	Se revisa físicamente la calidad de los materiales que ingresaran en producción	Al momento de entregar en Máquina	Supervisor de Producción	En maquina
Aprobación de QA	Al no ser aprobado por Producción se envía a QA para su revisión. Si se aprueba entra nuevamente a Producción	Al momento de la revisión	Depto. QA	Vía Mail.
Devolución a bodega – Zona de objetados	Al no ser aprobado por QA se debe enviar a la zona de objetados para su devolución al proveedor.	Al momento de la revisión	Deptos. QA y Producción	Físico, SAP y Vía Mail.
Revisión en máquina de programa y materiales	Confirmando los materiales v/s en programa productivo.	Al entrar en producción	Supervisor de Producción	En maquina
Generación de Parte de Inicio, entrega de Ficha Técnica Y ajuste de formato	Se entrega la FT impresa y el PI generado según lo programado.	Al momento de iniciar el proceso.	Control de Producción	Oficina de Producción
V°B° de PI y FT	Revisando el producto fabricado con las indicaciones entregadas (FT y PI)	Al momento de fabricar las primeras unidades	Supervisor de Producción	En maquina
Inicio Proceso Productivo	Fabricando los productos	Según programa	Depto. Producción	En maquina
Rondas de Inspección	Revisando el producto fabricado con las indicaciones entregadas (FT y PI) Según los	En cada turno y máquina	Supervisor de Producción	En maquina

	protocolos de ronda.			
Despachos de Productos	Revisitando físicamente la jaula y digitando en SAP los productos allí existentes.	2 o 3 veces al día	Control de Producción	En jaula de despachos /Zona entrega SE/SAP
Devolución de Materiales.	Inventario y revisión física, posterior digitación en SAP	Al término de cada OF	Supervisor / Control de Producción	Sector devoluciones / SAP.
Revisión y CTEC OF´s	Análisis de consumo de materiales y despachos	Al término de cada OF	Control de Producción	Sistema SAP/STII

Fuente: Productos Torre S. A

Para representar gráficamente los procesos que se efectúan en la fabricación de cuadernos, la Figura 1.11 muestra el Diagrama de Flujo que esquematiza cada una de las etapas.

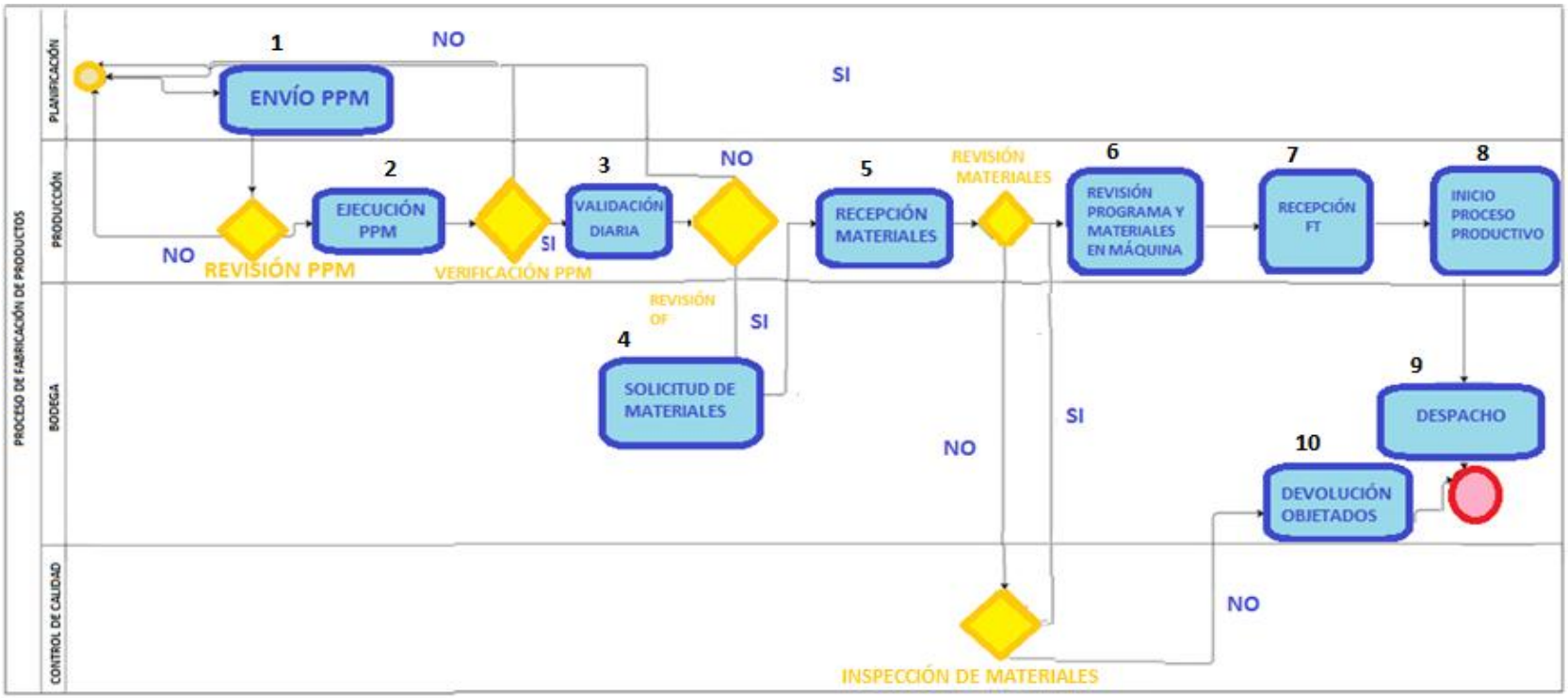

Figura 1.11 Diagrama de flujo de proceso productivo

Fuente: Elaboración propia

1.4 Planteamiento del problema a estudiar

La empresa no cuenta con un método efectivo de programación de la producción que realice un seguimiento en la fabricación, trayendo como consecuencia demoras e incumplimientos. Actualmente la programación se rige por el análisis de capacidad que posee la planta, por el pronóstico de ventas, stocks disponibles de todos los productos (ya sea semielaborados o productos terminados).

En la Tabla 1.1 es comparado lo producido v/s lo planificado en los años 2014, 2015 y 2016 donde existe en promedio un 80% de cumplimiento de producción en relación con las unidades planificadas. Además, lo anterior es representado de manera gráfica en la Figura 1.12.

Tabla 1.1 Unidades de cuaderno planificados v/s producidos

	Planificado	Producido
Año 2014	58.421.454	46.750.407
Año 2015	55.540.318	44.574.082
Año 2016	46.551.539	38.653.671

Fuente: Elaboración propia con datos de Productos Torre S.A.

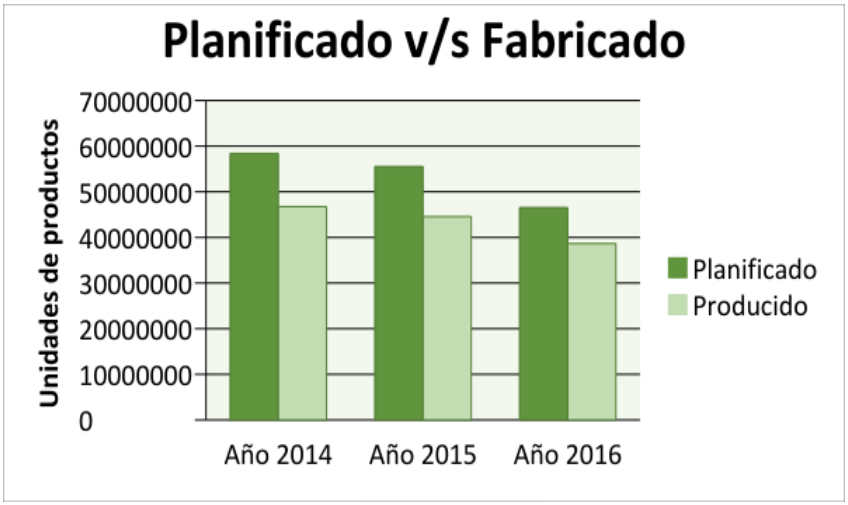

Figura 1.12 Gráfico de unidades de cuaderno producidas y fabricadas
Fuente: Elaboración propia con datos de Productos Torre S.A.

El tiempo improductivo considerado en la planta afecta directamente al cumplimiento de producción; las detenciones asociadas a este tiempo son a causa de: mantenciones correctivas (falla en máquina), tiempo de set-up y tiempo de ajustes, falta de semi-elaborado y organización en la mano de obra.

La Tabla 1.2 detalla las horas de tiempo improductivo entre los años 2014 y 2016 y su respectivo porcentaje de representación.

Tabla 1.2- Tiempos improductivos en el área de productos terminados.

	Tiempo Improductivo (hrs).					
	Año 2014		**Año 2015**		**Año 2016**	
Set-Up y Ajustes	2.364,3	34,34%	2.325,0	38,40%	2.479,0	39,23%
Mantención	1.546,5	22,46%	2.182,5	36,05%	2.332,0	36,91%
Mano de Obra	2.242,9	32,58%	826,5	13,65%	628,9	9,95%
Falta S.E.	731,3	10,62%	720,6	11,90%	878,7	13,91%
Total	6.884,9	100,00%	6.054,6	100,00%	6.318,6	100,00%

Fuente: Elaboración propia con datos de Productos Torre S.A.

Cada una de las causas que son expuestas en la tabla resumen de tiempos improductivos serán detallas a continuación:

- **Set-Up y Ajustes**: En este punto hay un excesivo tiempo improductivo originado por cambios de formatos en cada una de las máquinas, ya sean rayadoras o líneas de ensamble. Cuando no hay una secuencia ordenada en la producción de cuadernos del mismo formato se deben realizar ajustes, tales como: tipo de rayado (línea, cuadro, caligrafía), gramaje de hoja del cuaderno (cambio de bobina), tipo de espiral (doble, simple, color en específico).

A continuación, las Tablas 1.3, 1.4 y 1.5 destacan los recuadros que muestran una intermitencia en el proceso de fabricación de las distintas familias de cuadernos que fueron programadas, mostrando un proceso de fabricación alternado requiriendo excesivos cambios de formato y ajustes en la máquina en el mes de diciembre para los años 2014,2015 y 2016. La descripción de cada familia de productos se detalla en el Anexo N°5.

Tabla 1.3- Distribución de la producción diciembre 2014

MÁQUINA	ELABORACIÓN PRODUCTOS TERMINADOS DICIEMBRE 2014													
WOMAKO 520	A1				A1					C1				
WOMAKO 530	H2		H4		H5			H4		H5	A1			B2
WOMAKO 542	B1	B2		D3		H5	D3	B2	D1	D1	C2		D1	D3
WILL 2	G1	G2	G3	G7	G5	G5	G1	G3		G7	G8		G6	G10
BIELO 42-49	B2			A1			A1		A1		B2		C1	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1.4- Distribución de la producción diciembre 2015

MÁQUINA	ELABORACIÓN PRODUCTOS TERMINADOS DICIEMBRE 2015								
WOMAKO 520	A1		A1		A1		A1		A1
WOMAKO 530	B1	B2	F1	A1	C1	D1	B2	D3	C1
WOMAKO 542	D1	D1	D2	C1	C1		A1	D1	F1
WILL 2	C2	G6	G5	G5	H1	H6	H6	H6	H7
BIELO 42-49	A1		A1		A1	B2		A1	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1.5- Distribución de la producción diciembre 2016

MÁQUINA	ELABORACIÓN PRODUCTOS TERMINADOS DICIEMBRE 2016															
WOMAKO 520	A1		A3		A1		B2		A1		A1		A4			
WOMAKO 530	H2		C1		D1		A1		B2		D1		D2			
WOMAKO 542	D3		D1		C2				B2							
WILL 2	G1	G1	G2	G3	G3	G7	G7	G8	G8	G6	G10	G11	G5	G5	G1	G4	G9
BIELO 42-49	B2		A1		A1		B2		C2		B2		D1		B2		A1	A1

Fuente: Elaboración propia.

Las horas improductivas mensuales relacionadas a los tiempos de set-up y ajustes se detallan en la Tabla 1.6.

Tabla 1.6-Tiempos de ajustes y Set-Up (Hrs)

	Año 2014 (Hrs)	Año 2015 (Hrs)	Año 2016 (Hrs)
Enero	263	74,5	188,5
Febrero	91,8	191,5	208,0
Marzo	156,5	190,5	231,9
Abril	192,5	158,5	192,5
Mayo	78,5	209	347,4
Junio	180,5	311	224,9
Julio	182,5	147	182,5
Agosto	176	267	138,1
Septiembre	195	158	195,0
Octubre	335,5	148,5	187,0
Noviembre	352	186	166,0
Diciembre	160,5	283,5	217,3
TOTAL	**2364,3**	**2325**	**2.479,0**

Fuente: Elaboración propia con datos de Productos Torre S.A.

- **Fallas en la maquinaria**: El mantenimiento preventivo se ve postergado a raíz de sobre carga de trabajo en cada máquina de la planta con la finalidad de llegar a los niveles de producción establecidos para el correspondiente mes. A consecuencia de esto solo existen mantenciones de carácter correctivo, generando de esta manera detenciones imprevistas que perjudican el cumplimiento de la producción en el área de productos terminados. A continuación, la Tabla 1.7 y la Figura 1.13 detallan la cantidad de horas por mes de mantención correctiva en las maquinas del área de productos terminado.

Tabla 1.7- Tiempos de mantención correctiva

Tiempo Mantención correctiva (hrs).			
	2014	**2015**	**2016**
Enero	63,0	268,0	64,5
Febrero	55,0	53,5	270,5
Marzo	78,0	219,5	146,0
Abril	69,0	239,0	227,5
Mayo	59,0	125,5	165,0
Junio	92,0	108,5	210,0
Julio	351,5	238,0	227,5
Agosto	216,0	189,0	301,0
Septiembre	87,5	93,5	136,5
Octubre	195,0	317,5	346,5
Noviembre	183,5	202,5	76,5
Diciembre	97,0	128,0	160,5
TOTAL	**1.546,5**	**2.182,5**	**2.332,0**

Fuente: Elaboración propia con datos de Productos Torre S.A.

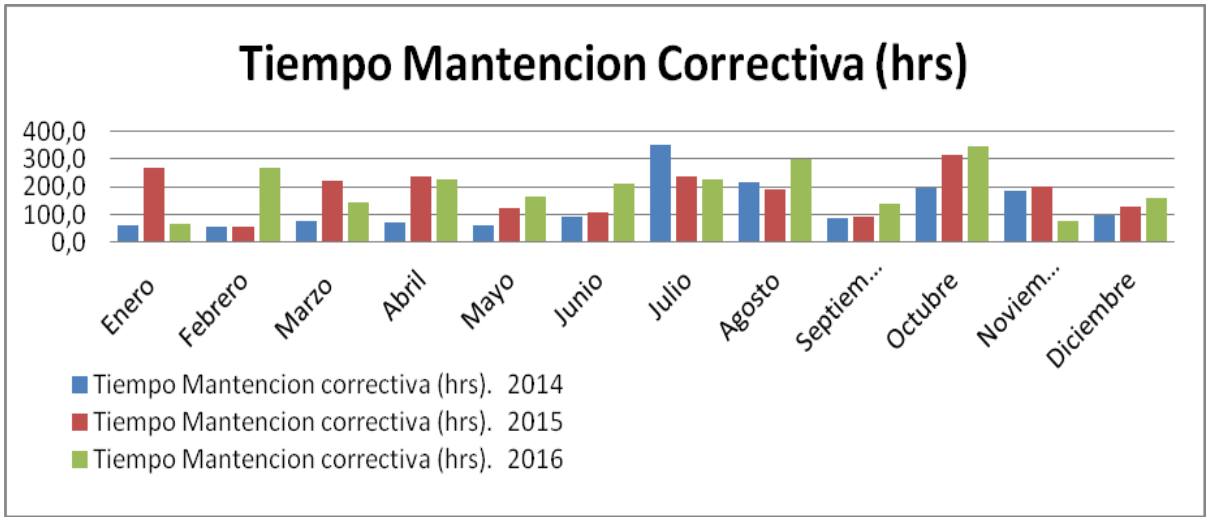

Figura 1.13 Gráfico de los tiempos de mantención correctiva.

Fuente: Elaboración propia con datos de Productos Torre S.A.

- **Mano de obra**: Los tiempos improductivos atribuidos a la mano de obra se representan en la Tabla 1.8 y se relacionan con la inasistencia de personal en los turnos de noches y en días de fines de semana, provocando una mayor exigencia en el rendimiento del personal y falta de mano de obra en la ejecución de las labores del trabajo establecido.

Tabla 1.8- Tiempos de mano de obra

	Tiempo Mano de obra (Horas-Hombre).		
	AÑO 2014	**AÑO 2015**	**AÑO 2016**
Enero	175,5	46,0	81,72
Febrero	176,89	134,5	82,5
Marzo	124,0	180,5	15,0
Abril	16,0	68,0	67,0
Mayo	246,0	28,0	15,59
Junio	177,5	68,5	15,0
Julio	80,0	62,0	41,0
Agosto	26,0	88,5	28,5
Septiembre	315,0	2,0	45,0
Octubre	191,0	22,5	59,0
Noviembre	179,5	66,0	77,62
Diciembre	535,5	60,0	101,0
TOTAL	2242,9	826,5	628,9

Fuente: Elaboración propia con datos de Productos Torre S.A.

- **Falta de semi-elaborados**: Se provoca por la descoordinación del área grafica teniendo como consecuencia el retraso en la producción de caratulas y tapas que luego deben ser despachadas al área de productos terminados para continuar con el proceso de ensamble de los cuadernos. Además, existen quiebres de stock, donde la responsabilidad recae en el departamento de abastecimiento, ya que no coinciden los tiempos en que se realizan las solicitudes de materiales con el momento en que estos serán utilizados en la planta.

- **Sobre stock de productos terminados**: La empresa dispone de un considerable número de bodegas, las cuales se encuentran casi en su capacidad máxima con productos terminados que no han sido despachados a las bodegas de Santiago ya sea por obsolescencia o porque no son requeridos por los clientes finales. La valorización de desperdicio se detalla en la Tabla 1.9. A raíz de esto se tiene una gran cantidad de productos terminados que con el pasar del tiempo comienzan a deteriorarse para finalmente ser considerados como productos castigados o bien objetados.

Tabla 1.9- Valorización de desperdicio

Valorización Stock Productos Terminados												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Año 2014	9.754,2	8.611,2	8.983,8	9.518,4	9.561,6	10.517,4	11.806,2	12.861,0	13.795,2	14.389,2	14.414,4	11.683
Año 2015	10.998,0	9.505,8	9.106,2	9.633,6	9.928,8	10.252,8	12.211,2	13.408,2	14.311,8	15.237,0	15.805,8	12.967
Año 2016	11.516,4	10.321,2	8.919,0	9.531,0	10.090,8	11.381,4	12.938,4	14.477,4	15.051,6	15.678,0	15.110,1	12.325

Fuente: Elaboración propia con datos de Productos Torre S.A.

En resumen y teniendo en cuenta los antecedentes ya presentados, se concluye que el nivel de cumplimiento de la producción se ve afectado. Lo anterior se representa en las Figuras 1.14, 1.15 y 1.16 comparando lo planificado v/s lo producido y en los Anexos N°6, N°7 y N°8.

A partir de lo anterior, es necesario se realizar una programación de la producción para la empresa con la finalidad de aumentar el cumplimiento en la fabricación de productos terminados, mejorando la productividad en la planta y disminuyendo los costos operacionales relacionados.

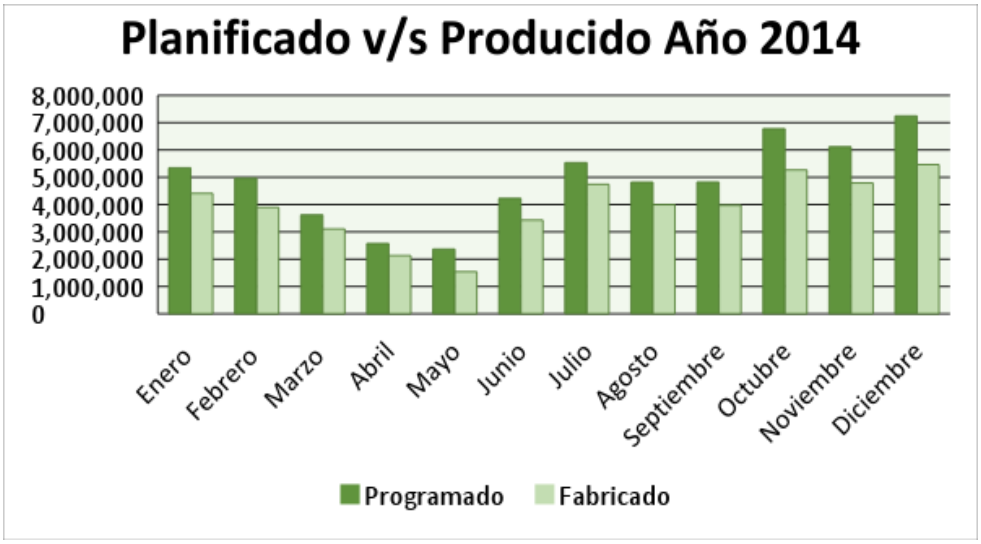

Figura 1.14: Gráfico comparativo año 2014

Fuente: Elaboración propia con datos de Productos Torre S.A.

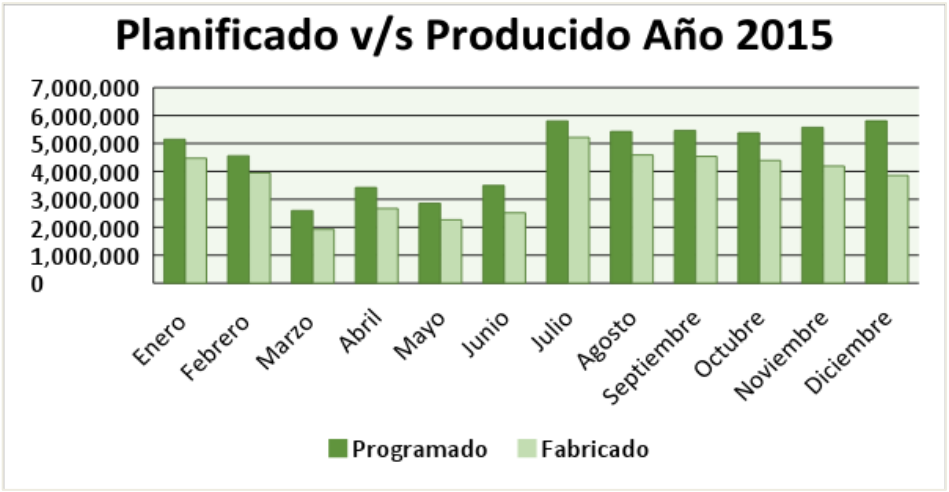

Figura 1.15: Gráfico comparativo año 2015

Fuente: Elaboración propia con datos de Productos Torre S.A.

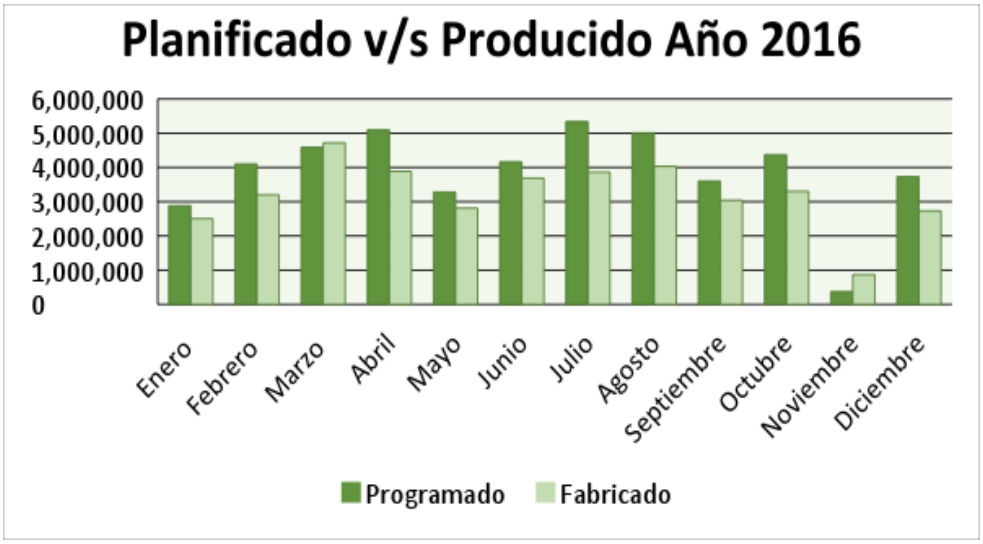

Figura 1.16: Gráfico comparativo año 2015

Fuente: Elaboración propia con datos de Productos Torre S.A.

Los puntos ya mencionados dan como resultado quiebres de stock en la entrega de productos terminados a los clientes. A continuación, la Tabla 1.17 resume como los últimos tres años sufrieron quiebres de stock en ciertos productos escogidos para este trabajo de título, teniendo mayor preponderancia el producto 23.144.

Tabla 1.17 Quiebres de stock

	PRODUCTOS								
Años	25.312	26.187	25.307	27.263	11.962	11.968	11.970	23.112	23.414
2014	70.000	100.000	82.000	50.000					
2015			127.500	132.000			168.000	500.000	330.000
2016	100.000			250.000	44.000	46.000	240.000		200.000
TOTAL	**170.000**	**100.000**	**209.500**	**432.000**	**44.000**	**46.000**	**408.000**	**500.000**	**530.000**

Fuente: Elaboración propia

Productos Torre actualmente cuenta con una amplia gama de cuadernos de las tres marcas que la empresa representa. Las características que varían entre una familia de cuaderno y otra son: el tamaño del cuaderno, número de hojas, gramaje del papel, carátula y el tipo de ensamble al cual se somete el cuaderno (corchete, espiral simple o espiral doble).

La Tabla 1.18 detalla el pedido de temporada por cada familia de cuadernos que se realizó entre los meses de mayo y noviembre del año 2016, considerando el 80% del total de pedidos, donde fue realizada una comparación entre lo que se necesitaba fabricar y fabricado al 30 de noviembre que será entregado en el período denominado Back to School del año 2017.

Tabla 1.18- Resumen familia de productos año 2016

FAMILIA	STOCK 1 MAYO	PEDIDO TEMP	POR FABRICAR	FABRICADO 30 NOV
TOTAL TORRE	14.456.000	23.913.000	9.457.000	15.626.000
TOTAL COLON	2.003.000	6.820.000	4.817.000	4.673.000
TOTAL AUCA	2.081.000	6.620.000	4.539.000	4.488.000
TOTAL BLOCK	488.000	2.746.000	2.258.000	1.292.000
TOTAL CROQUERAS	338.000	1.373.000	985.000	983.000
TOTAL BTS 2017	19.366.000	41.472.000	22.056.000	27.062.000

Fuente: Elaboración propia con datos de Productos Torre S.A.

1.5 Objetivos generales y específicos

Objetivo general

Realizar un modelo de programación de la producción para la Empresa Productos Torre S.A.

Objetivos Específicos

- Determinar las variables que serán utilizadas en la programación de la producción para el área de productos terminados.
- Desarrollar un modelo de programación de la producción.
- Validar la situación actual de la empresa con los resultados obtenidos en el modelo de programación

Capítulo II: Marco Teórico

El presente capítulo pretende dilucidar los términos de planificación y programación, los cuales se encuentran relacionados entre sí, sin embargo, en repetidas ocasiones se tienden a confundir. Además, se procura encontrar el tipo de planificación que será ocupada y el modelo de programación acorde al problema en cuestión, mediante la comparación entre los métodos que serán expuestos. La realización de una buena planificación correspondiente a las etapas previas en la construcción del modelo matemático conllevará una programación de la producción exitosa.

2.1 Planificación de la producción

La planificación de la producción son las acciones que se llevan a cabo para determinar el nivel de producción que se debería generar para un cierto período de tiempo, considerando desde que inicia la orden de fabricación hasta que termina, las máquinas que deberían ser ocupadas y el costo de producción que generaría.

Por lo tanto, es posible reafirmar esta idea teniendo en cuenta que la planificación indica que cuando se conoce a intervalos regulares de tiempo la cantidad de producción que será demandada, es posible desarrollar programas para la manufactura y distribuir el trabajo, con el resultado que la fábrica alcance un pleno rendimiento, la producción se abarate enormemente, que no sea necesario mantener grandes stocks en tiempos excesivos y que el capital y el interés se economicen. Rathenau, W. (1918). The New Economy, Estado del Arte sobre planificación agregada de la producción,1(1),5.

La planificación puede ser categorizada en tres niveles, la planificación a largo plazo o estratégica que se enfoca en la capacidad de producción, la planificación táctica o a mediano plazo genera planes agregados y la planificación operativa que forma los planes aproximados y detallados, junto al control de capacidad y acciones de compra. Lo anterior se detalla en la Figura 2.2.

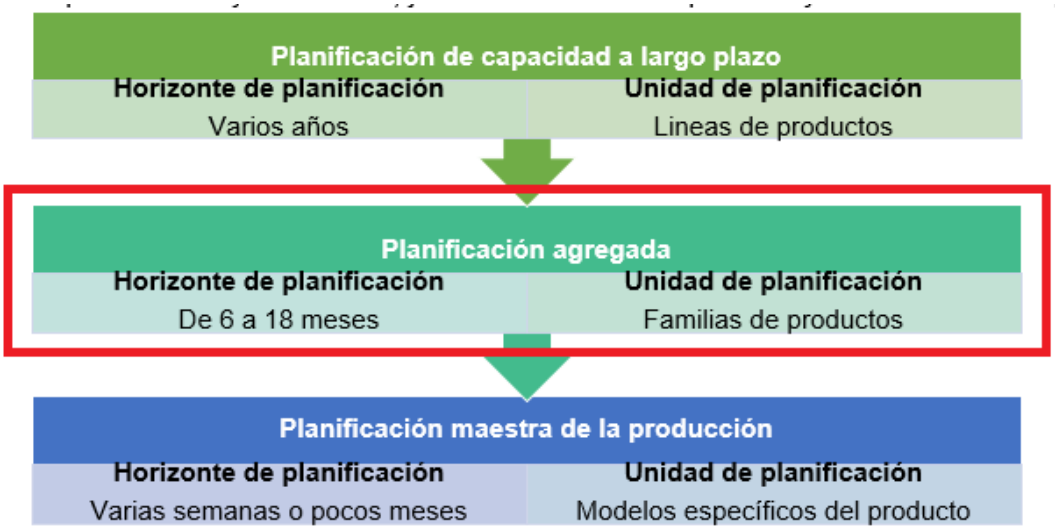

Figura 2.2 Planificación jerárquica de la producción

[Miranda, 2005]

Considerando que el planteamiento del problema refleja consecuencias relacionadas a una errónea planificación en las familias de cuadernos y fallas asociadas al set-up, ajustes, mantención, mano de obra y falta de semielaborados que se detectaron en los últimos tres años, la planificación que más se ajusta en este caso es la agregada, porque toma en cuenta los productos, las cuales son las que finalmente desencadenan la situación actual de la empresa.

2.2 Planificación agregada

Heizer y Render (2001) afirman. “la planificación agregada es un método para determinar la cantidad de producción y su desarrollo en el tiempo a medio plazo” p.4.

Específicamente es del tipo agregada porque no distingue los formatos o colores que presentaran los cuadernos al momento de ser fabricados, sino que se dedica a realizar una separación a partir los productos que presentan un mayor volumen de producción, lo cual es conveniente al ser un proceso multiproducto con múltiples líneas de ensamble, ya que acota y segmenta lo relevante. Por lo tanto, la dirección de la producción y operaciones tomará decisiones tácticas, las cuales además de considerar la planificación agregada, tendrán en cuenta el plan maestro y la programación de compras adecuada.

Es posible demostrar a partir de un subsistema de producción, ciertos factores que serán considerados en el desarrollo del problema se exponen en la Figura 2.1.

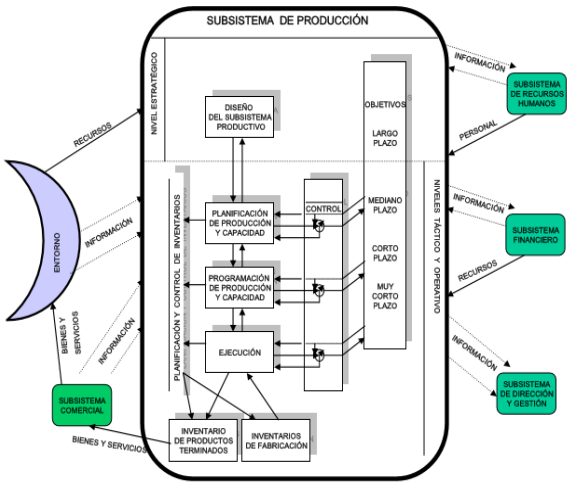

Figura 2.1 Producción y operaciones de la empresa
[Domínguez Machuca, 1995]

Queda demostrado a través de la Figura 3.2 que además de la planificación debe existir un diseño de forma complementaria, el cual a partir de los criterios de evaluación adecuados que consideran la capacidad de la planta darán paso al siguiente eslabón que considera la programación de la producción.

2.3 Criterios de evaluación

Los criterios que pueden ser considerados dentro de la planificación de la producción, se orientan en dos aspectos:

2.2.1 Maximización de beneficios

Considera la demanda actual de la empresa y mantiene constantes los precios de venta por cuaderno, lo cual es representado a partir de la diferencia que existe entre el ingreso y los costos totales. Pueden ser maximizadas las utilidades, la producción, las ventas, la rentabilidad, entre otras.

2.2.2 Minimización de los costos

Se consideran los costos operacionales correspondientes a la fabricación de cuadernos, los cuales toman en cuenta las restricciones y variables de decisión ligadas con el objetivo de reducir los costos asociados a la fabricación e inventario. Los costos de fabricación relacionados con la mano de obra considerarán los últimos tres años, contabilizando las ausencias y despidos que ocurrieron dentro de ese período.

Otro factor que es determinante dentro de esta categoría se asocia a la materia prima para la fabricación de productos terminados, lo cual considera los semielaborados provenientes del área gráfica, bobinas y alambres que realizan los espirales en los cuadernos, donde la cantidad de recursos disponibles determinará la cantidad de cuadernos que podrán ser fabricados.

Por otra parte, los costos de fabricación de mano de obra se relacionan en forma directa con la capacidad productiva que tiene la planta, dado que son considerados dentro del cálculo de la capacidad, en conjunto al estándar de la maquinaria y las horas correspondientes a los turnos de trabajo. Heizer y Render (2009) afirman “la capacidad es el volumen de producción o número de unidades que se pueden alojar, recibir, almacenar o producir una instalación en un periodo de tiempo específico” p.1. Es una definición que incluye el almacenamiento, lo cual es un factor importante porque a partir de la cantidad que se pueda fabricar de productos en un cierto periodo de tiempo, es la forma de responder a la demanda requerida por los clientes. Respecto a los inventarios, es posible clasificarlos según la demanda, la posición dentro del proceso y la función dentro del proceso.

- Demanda del inventario: Corresponde a una demanda independiente, porque se está trabajando con productos terminados. Además, al ser una demanda que no está sujeta a las acciones de la empresa, será considerado como elemento facilitador la realización de un pronóstico de ventas. En el anexo Nº 8, es posible apreciar la comparación entre demanda dependiente e independiente. Heizer y Render (2009) afirman. *“*Pronosticar es el arte y la ciencia de predecir eventos futuros” p.104. Lo anterior es de suma importancia para reducir la incertidumbre de las futuras ventas, formando así uno de los pilares fundamentales dentro de la planificación agregada.

Algunos problemas que se pueden presentar en la proyección pueden ocurrir al momento de realizar el pronóstico de ventas para determinar de forma aproximada la demanda futura. En el anexo N°10 se especifican los problemas que se presentan mientras se está realizando la proyección. Para el caso estudio de la empresa, se analizan los datos históricos de la demanda, encontrando problemas relacionados a una demanda irregular en algunos meses para ciertos productos, por lo que encontrar un patrón de tendencia es más complicado en comparación a tener una venta constante.

- Posición de la demanda dentro del proceso productivo: Serán tomados en cuenta los procesos de rayado, guillotinado y líneas de ensamble necesarios para generar el producto terminado. Los bienes terminados correspondientes a los productos que fueron escogidos se encuentran listos para satisfacer la demanda de los clientes. En el anexo N°11 se especifican las posiciones de demanda dentro del proceso productivo. Un aspecto por considerar es la utilización del espacio físico (bodegas) para el almacenamiento de materia prima, semi-elaborados y productos terminados, condicionando la utilización de estos lugares para otros fines o alquiler inclusive.

- Función del inventario dentro del proceso productivo: Dentro de la empresa existen dos tipos de inventarios, el de almacenamiento temporal y el de anticipación, los cuales quedan especificados en el anexo Nº 11. El primero se identifica con la producción de cuadernos con categoría AAA, siendo considerados productos que no pueden presentar quiebres de stock, debido a que tienen un alto nivel de demanda anual.

Respecto al inventario de anticipación, éste está presente con el objetivo de dar cabida a la demanda estacional, que corresponde principalmente a los meses ubicados entre diciembre y febrero, porque es ahí donde se realiza la venta de los productos fabricados en el BTS.

Sin duda, la minimización de los costos que se pretende lograr en este trabajo tendrá por consecuencia una maximización de las utilidades totales de la empresa y donde el principal enfoque estará en los costos asociados al inventario y el almacenamiento que requiere en bodega, costos de fabricación, cantidades necesarias de semielaborados para llevar a cabo el pedido del cliente y la capacidad productiva de la planta.

2.4 Métodos en la programación de la producción

La programación de la producción toma en cuenta las actividades que lleva a cabo la empresa, en este caso, específicamente la relacionada al área de productos terminados y el proceso productivo que existe dentro de ella. La toma de decisiones se puede basar en métodos heurísticos.

La programación puede ser relacionada con modelos de simulación y de optimización, donde este último incluye la programación lineal la cual plantea un modelo, cuantifica, resuelve el problema y busca la solución más adecuada. Para llevar a cabo la programación se requiere previamente tomar en cuenta la planificación agregada, la cual se clasifica en tres categorías:

- Métodos de comparación de alternativas.
- Métodos que utilizan reglas de decisión.
- Métodos basados en modelos de programación lineal.

2.4.1 Métodos de comparación de alternativas

En este método son generados planes, dentro de los cuales será escogido el que cumpla con la mayor parte de los criterios que fueron establecidos. Para facilitar la elección del plan que será seleccionado se utilizarán herramientas como gráficos y hojas de cálculo. Alford (1945) propone. “una gráfica que relaciona la cantidad de producción con el tiempo de fabricación” p.4.

Son representadas mediante curvas por un lado la producción y el stock acumulado y por otro la curva que representa las ventas acumuladas, además de una recta que muestra el índice de producción, colocando además la cantidad de productos que fueron vendidos en un horizonte de tiempo específico.

Respecto a las hojas de cálculo estas son un instrumento que permite establecer una comparación entre planes, seleccionando finalmente lo que se ajuste en mayor medida a los requerimientos. Esta hoja muestra como valores de entrada son los requisitos de la demanda junto a las posibles alternativas en cada período y costos que tendrá llevar a cabo el plan. Si bien la hoja facilita la generación de planes agregados, es una herramienta que no asegura que la solución determinada sea la óptima.

2.4.2 Métodos que utilizan reglas de decisión

Proporcionan una planificación agregada a partir de ciertos datos como los pronósticos de demanda, inventarios y los costos a través de modelos matemáticos que pueden ser lineales o no lineales.

El método LDR se enfoca en desarrollar una función cuadrática considerando la cantidad de productos fabricados, inventarios, horas extras, nuevas contrataciones y despidos, donde a través de la derivación y la igualación por cero podrá ser minimizado el costo total. Por lo tanto, las reglas de decisión lineal para realizar el cálculo de la producción y el nivel de fuerza laboral podrán ser logradas a través de los pronósticos de ventas.

Las reglas son representadas mediante ecuaciones que incluyen los pronósticos, los niveles de inventario y la fuerza de trabajo, pero cuentan con limitaciones respecto a las variables de decisión que no están restringidas, lo que cual no representa a cabalidad la realidad.
Por otra parte, el modelo de los coeficientes de la dirección contiene un enfoque descriptivo en donde los expertos colaboran entregando opiniones para transformarlas en decisiones, definiendo cuales son las variables de acción y la información en cada una de ellas.

En este modelo es posible utilizar la regresión múltiple a partir de los datos históricos y tiene como principal función prever las decisiones que serán tomadas permitiendo de esta forma disminuir la variabilidad de criterio y estimar los valores reales.

Otro método que considerar es el de LDR y la capacidad de la planta, el cual tuvo una extensión donde Sypkens (1967) afirma “Se agrega como variable de decisión la fuerza de trabajo, el índice de producción y la capacidad de la planta” p.15.
Respecto al método de la regla de decisión por búsqueda (SDR) expresa mediante un subprograma de computador que calcule el costo a asociado a variables de decisión y un horizonte de tiempo determinado. (Taubert,1968). Este método consta de varias etapas, donde cada una representa las decisiones que fueron tomadas. Luego se realiza un programa de análisis para la examinación de la respuesta del modelo de costos.

Finalmente, el LDR con múltiples productos y ciclos largos de producción debe ser aplicado no solo a la planificación agregada sino también a la detallada con múltiples productos (Chang y Jones, 1970). Esta matriz especificara la fuerza de trabajo necesaria en un cierto período de tiempo para cumplir con los requerimientos en cuanto a las ventas y productos fabricados.

2.4.3 Métodos basados en modelos de programación lineal

En un problema de programación lineal debe buscarse la mejor solución de su región factible, que puede tener una infinidad de elementos; sin embargo, el óptimo se encuentra dentro de un subconjunto finito. (Hernández, 2007, p.39). Uno de los métodos asociados a la programación lineal es el de transporte de Bowman que se realiza a partir de binomios que incluyen horas regulares, horas extras y subcontratación en el período que se producen

Otro método es la LDR y el modelo de programación lineal de Hanssmann-Hess, donde este modelo al igual que el LDR, toma decisiones a partir de la fuerza de trabajo y la tasa de producción, incluyendo costos de contratación, liquidación, horas extras, stock y escasez.

Se diferencia del modelo LDR en que, Hanssmann- Hess presenta una función de costo lineal, curvas lineales y cambios en la cantidad de producción lineales, sin embargo, el modelo LDR es representado de forma cuadrática.

Como tercer y último método se identifica la planificación agregada mediante programación lineal que incluye la programación lineal (PL), programación lineal entera (PLE) y programación lineal entera mixta (PLEM), las cuales son herramientas de gran relevancia a la hora de resolver los problemas relacionados a la planificación agregada. Es posible establecer que existen distintas clasificaciones en los problemas de planificación que serán modelados, pudiendo establecer las siguientes características: el horizonte, producto, etapas de fabricación, quiebre de stock, demanda, instalaciones, procesos, stock, nivel de producción y función objetivo, siendo detallado en forma específica en el anexo N°12.

2.5 Comparación entre métodos

Los métodos de planificación más adecuados que llevaran a tomar la decisión de escoger el modelo de programación de la producción más conveniente y que tengan como objetivo disminuir los costos operacionales en el proceso de fabricación, se detallan en la Tabla 3.1.

Tabla 2.1 Métodos de planificación agregada.

MÉTODOS DE PLANIFICACIÓN AGREGADA			
	Comparación de alternativas	**Reglas de decisión**	**Modelos de programación lineal**
Variables asociadas	• Cantidad de producción y tiempo • Stock acumulado • Ventas acumuladas • Stock de seguridad • Perdida de ventas • Demanda	• Cantidad de producción • Inventario • Horas extras • Nuevas contrataciones • Despidos • Opinión de expertos • Datos históricos • Fuerza de trabajo • Índice de producción • Capacidad de la planta • Costos asociados a las variables de decisión • Ciclo de producción	• Producción en horas regulares • Horas extras • Subcontratación • Fuerza de trabajo • Tasa de producción • Contratación • Liquidación • Stock • Horizonte de planificación • Productos fabricados • Etapas de fabricación • Quiebre de stock • Demanda Instalaciones • Procesos • Nivel de producción • Función objetivo
Limitaciones	• Si la demanda supera la cantidad de producción y stock se deberá recurrir a tiempo extra • No da garantía que la solución determinada sea la óptima	• Las variables de decisión no cuentan con restricciones, lo cual no representa la realidad. • Toma de decisiones erradas por urgencias y presiones. • Capacidad a corto plazo. • No garantiza solución óptima.	• El modelo puede ser muy complejo y tardar un gran tiempo en encontrar la solución por el número de variables con las que se trabajarán.

Fuente: Elaboración propia

Se concluye que el modelo más adecuado para llevar a cabo la programación de la producción en el área de productos terminados es la programación lineal. Se realiza esta elección, tomando en cuenta las variables que deberán ser consideradas, las cuales se ajustan a los datos proporcionados en la empresa, permitiendo de esta forma realizar un modelo que respalde la situación actual.

2.6 Metodología

La investigación realizada a las distintas formas de planificación y modelos de programación tuvo como resultado la elección de la planificación agregada que considera la programación lineal, la cual tomará en cuenta un proceso multiproducto con múltiples líneas de ensamble.

El área de productos terminados realiza la fabricación multiproducto donde se incluyen las familias de cuadernos pertenecientes a diferentes marcas de la compañía y las múltiples líneas de ensambles que trabajaran de acuerdo con la disponibilidad que haya en las máquinas para la elaboración de los pedidos.

Las etapas que proponen y Hillier O' Sullivan en el libro "Investigación de Operaciones", para llevar a cabo el proceso de modelado son las siguientes:

1- Definición del problema de interés y recolección de datos relevantes.
2- Formulación de un modelo matemático que represente el problema.
3- Desarrollo de un procedimiento basado en computadora para derivar una solución para el problema a partir del modelo.

4- Prueba del modelo y mejoramiento de acuerdo con las necesidades.

5- Preparación para la aplicación del modelo prescrito.

6- Implementación.

Por lo tanto, a partir de la información anterior y de forma esquemática, las primeras cuatro etapas que serán consideradas dentro de este capítulo serán visualizadas en la Figura 2.3.

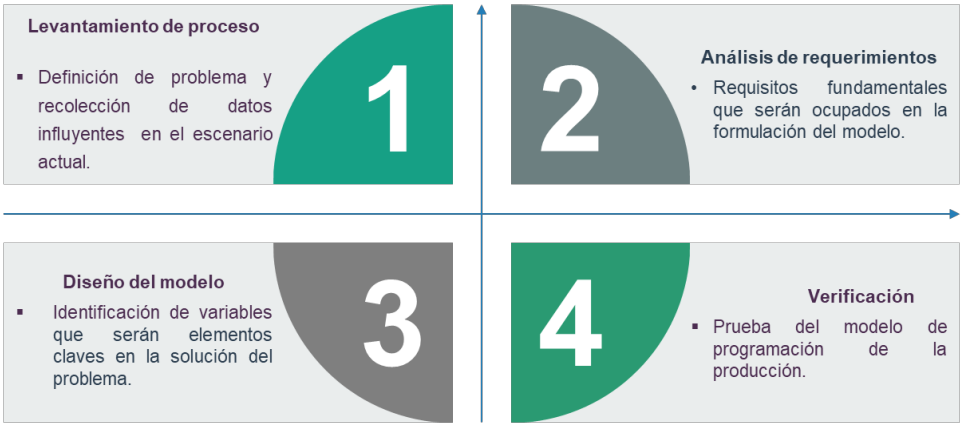

Figura 2.3 Secuencia de la metodología

Fuente: Elaboración propia

En el desarrollo de este capítulo serán abarcados los primeros cuatro pasos del proceso de modelado que proponen Hillier y O' Sullivan, generando la programación de la producción adecuada en la fabricación de cuadernos. La etapa correspondiente a la preparación para la aplicación del modelo será considerada en el capítulo que se analizan los resultados y la implementación no será considerada dentro de este trabajo de título porque le corresponde a la empresa ejecutar el modelo que fue diseñado, contando con la posibilidad de realizar un seguimiento posterior.

Capítulo III: Aplicación de la Metodología

3.1 Levantamiento de proceso

Al tratarse de un proceso multiproducto, existe una alta variabilidad de los productos que se ofrecen, tales como: carpetas, archivadores, cuadernos, blocks, libros de asistencia, croqueras, entre otros.

La tabla 3.1 realiza una segmentación para reconocer las familias de productos que serán ocupadas a partir de la frecuencia acumulada del pedido de temporada del año 2016.

Tabla 3.1 Elección de familia de productos a trabajar

FAMILIA	PEDIDO TEMPORADA (Unidades)	FRECUENCIA ACUMULADA
TOTAL TORRE CLASICO	15.200.000	41%
TOTAL TORRE COLLEGE	5.793.000	56%
TOTAL AUCA COLLEGE	3.665.000	66%
TOTAL AUCA UNIVERSITARIO	2.955.000	74%
TOTAL UNIVERSITARIO COLON	2.733.000	81%
TOTAL COLON TE	1.771.000	86%
TOTAL TORRE UNO	1.226.000	89%
TOTAL COLON DOBLEZ	1.040.000	92%
TOTAL COLON COLLEGE	830.000	94%
TOTAL TORRE BOOK	403.000	95%
TOTAL TORRE TRIPLE	355.000	96%
TOTAL TORRE TOP	334.000	97%
TOTAL TORRE POCKET	305.000	98%
TOTAL COLON TRIPLE	204.000	99%
TOTAL TORRE DOBLEZ	172.000	99%
TOTAL COLON TOP	151.000	99%
TOTAL TORRE PREMIUM	126.000	100%
TOTAL COLON BOOK	91.000	100%

Fuente: Departamento de Planificación Productos Torre S.A.

Para centrarse en las familias de cuadernos que se consideran relevantes en cuanto a los pedidos de temporada fue confeccionado un Diagrama de Pareto, el cual se especifica en la Figura 3.1, asignando de esta forma un orden en las prioridades.

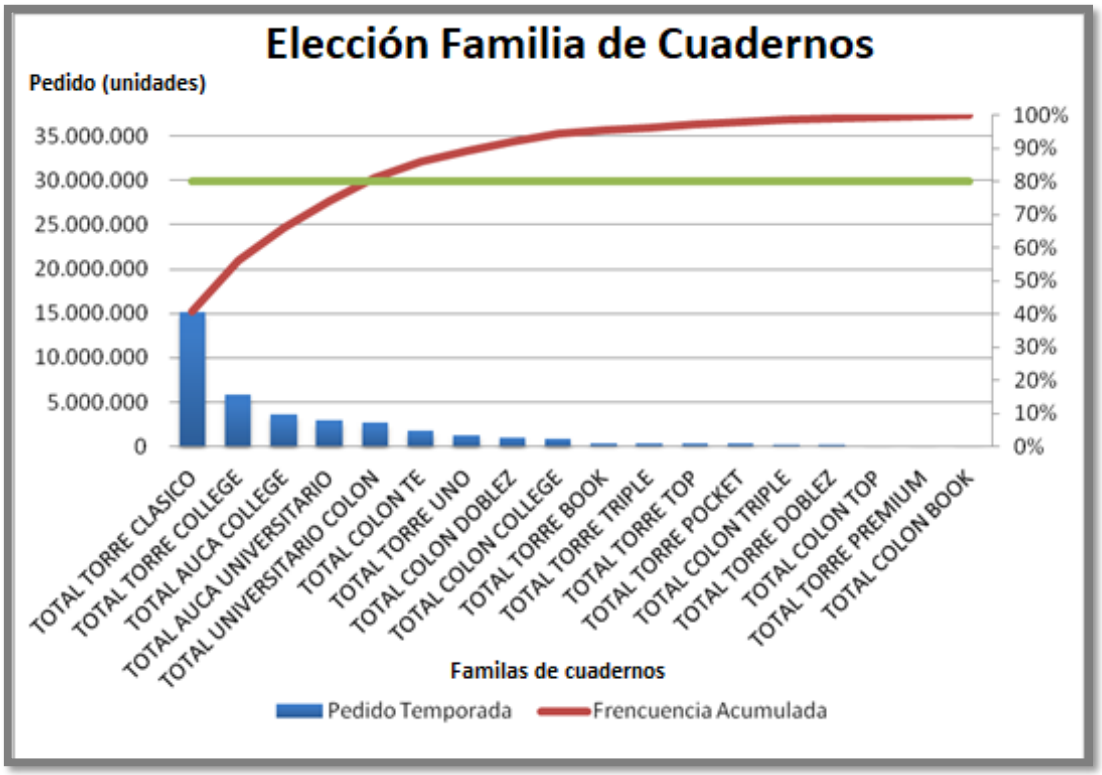

Figura 3.1: Diagrama de Pareto

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, a partir de las familias de productos expuestas en la Tabla 3.1, aquellas que cuentan con un mayor volumen de producción, serán consideradas para la realización del modelo, siendo estas:

1- Torre Universitario Clásico
2- Torre College
3- Auca College
4- Auca Universitario
5- Colon Universitario

Además, al tratarse de un proceso que cuenta con múltiples líneas de ensamble, no todos los productos tendrán el mismo recorrido desde el rayado hasta el producto terminado e incluso ciertos productos solo pasarán por una máquina donde tendrán su inicio y fin.

La Figura 3.2 representa el recorrido que deben seguir las familias cuadernos que fueron seleccionadas en la realización del modelo, estableciendo de esta forma las abreviaturas pertinentes en la Tabla 3.2.

Siendo:

Tabla 3.2- Abreviatura de maquinaria

Abreviatura	Descripción
S	Semielaborado (carátulas).
W2	Rayadora E.C.H Will 2.
W520	Línea de ensamble Womako 520.
W1	Rayadora E.C.H Will 1.
G1	Guillotina Polar 115 x.
B	Línea de ensamble Bielomatik P 42-49.
W530	Línea de ensamble Womako 530.
WW	Rayadora Will Womako.
G2	Guillotina Polar N 137 Plus
W542	Womako 542
PT	Producto terminado

Fuente: Elaboración propia.

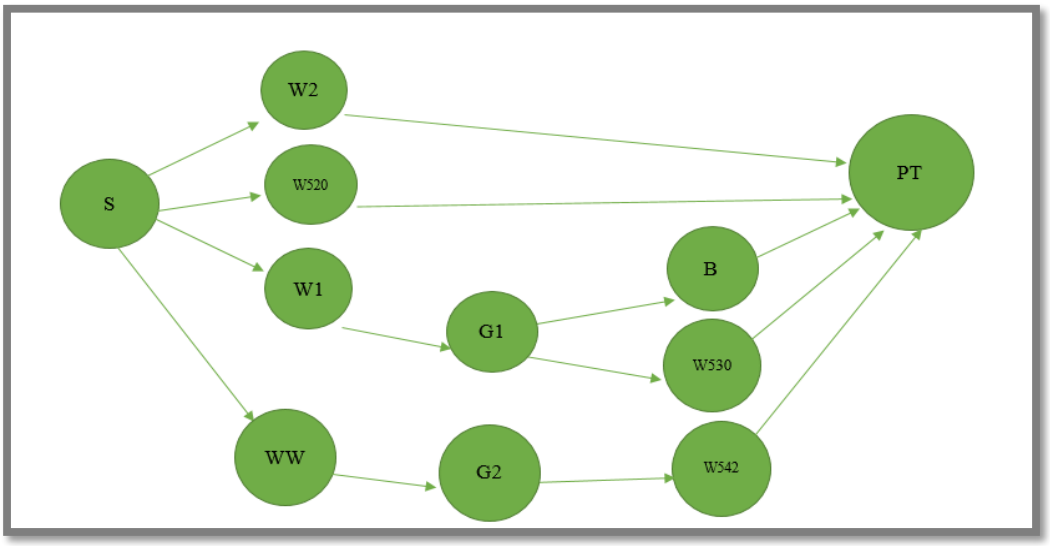

Figura 3.2 Esquema proceso de producto terminado.

Fuente: Elaboración propia.

El horizonte temporal que será seleccionado para la realización del modelo de programación tomará en cuenta el volumen de ventas de las cinco familias de cuadernos que fueron seleccionadas, correspondientes a Torre Universitario Clásico, Universitario Colon, College Torre, College Auca y Universitario Auca.

Las familias de cuadernos a su vez consideran subfamilias, las cuales presentan ciertos productos que son categorizados como AAA, presentando el año 2014 un 86,84%, el 2015 un 94,76% y el 2016 un 99,65% del total del volumen de cuadernos AAA, siendo detallado lo anterior en el Anexo N°14.

Serán considerados tres años correspondientes a los datos históricos de la demanda situados desde enero 2014 a diciembre 2016 para la realización de la Tabla 3.3 que específica el pronóstico de ventas mensual del año 2017.

Tabla 3.3- Pronóstico de ventas mensual año 2017

	FAMILIA				
Mes	Colon Universitario	Auca Universitario	Torre Clásico Universitario	Auca College	Torre College
ene-17	76.600	85.000	835.400	90.500	193.500
feb-17	86.700	0	523.000	0	38.300
mar-17	61.500	64.500	240.900	108.600	166.800
abr-17	147.700	116.300	251.300	36.200	808.800
may-17	4.500	84.000	125.300	0	467.400
jun-17	251.500	653.500	867.800	454.600	313.000
jul-17	284.900	523.500	1.860.000	574.200	936.600
ago-17	271.900	80.500	2.062.000	1.044.900	398.300
sept-17	1.253.800	0	1.267.700	596.000	361.500
oct-17	1.134.100	0	1.276.600	501.600	361.800
nov-17	372.800	159.300	607.300	400.200	66.900
dic-17	97.200	43.500	276.100	0	54.700

Fuente: Elaboración propia

3.2 Análisis de requerimientos

Como requisitos previos para la formulación del modelo matemático, se necesitarán datos que tengan relación con la capacidad y los costos de producción e inventario de la planta a partir de las cinco familias de productos seleccionadas en la Figura 3.1.

El stock de seguridad y los costos asociados a este, también debe ser considerado para evitar que los quiebres de stock afecten en el cumplimiento de la demanda de la empresa.
Por otra parte, los insumos como tapas, contratapas, papel y alambres sumado a el recurso humano son necesarios en la fabricación del producto terminado que será entregado al cliente.

A continuación, la Tabla 3.4 define las variables de decisión que serán utilizadas en la construcción del modelo, considerando once productos y cuatro períodos con duración de un mes cada uno.

Tabla 3.4 Variables de decisión

Variables de decisión	Descripción
X_{ip}	Cantidad de producto i a producir en el período p
I_{ip}	Cantidad de inventario del producto i al final del período p
Q_{ip}	Cantidad de stock de seguridad del producto i en el período p

Fuente: Elaboración propia

Además de las variables de decisión, la Tabla 3.5 representa los parámetros que serán seleccionados.

Tabla 3.5 Parámetros

Parámetro	Descripción
i	(1, …,11) Número de productos
s	(1, …,20) Número de insumos
p	(1, …,4) Número de períodos
n	Recurso
A_{ip}	Costo unitario de producción del producto i en el período p
B_{ip}	Costo unitario de inventario del producto i en el período p
I_{ip}	Inventario unitario del producto i en el periodo p
I_{i1}	Inventario inicial del producto i
I_{i4}	Inventario final del producto i
D_{ip}	Demanda del producto i en el período p
E_{isp}	Cantidad de insumo s requerido por una unidad de producto i en el periodo p
T_{isp}	Cantidad de insumo s disponible por una unidad de producto i en el periodo p
R_{inp}	Cantidad de recurso n requerido por unidad de producto i en el periodo p
G_{inp}	Cantidad de recurso n disponible por unidad de producto i en el periodo p
Z	Factor de seguridad para un nivel del servicio del 95%
N_{ip}	Diferencia entre los días de entrega con retraso y días de entrega habitual para el producto i en el período p
P_{ip}	Desviación estándar de la demanda de producto i en el período p
C_p	Capacidad de producción en el período p
K_p	Capacidad de inventario en el período p
L_p	Capacidad de stock de seguridad en el período p

Fuente: Elaboración propia

3.3 Diseño del modelo

Las restricciones que serán planteadas consideran once productos, veinte insumos, un recurso y cuatro períodos que serán representados a partir de las siguientes expresiones:

- **Capacidad de producción:** La capacidad del área de productos terminados equivale a la cantidad máxima de unidades de cuaderno que se fabrican en las líneas de ensamble, lo cual corresponde a 3.250.000 unidades, considerando que la planta tiene una capacidad de producción de 5.500.000 productos siendo 4.000.000 de ellos solo cuadernos. A su vez se consideró que el 80% que representaban a los once productos seleccionados.

$$\sum_{i=1}^{11} X_{ip} \leq 3.250.000 \qquad \forall p = 1, 2, 3, 4$$

- **Capacidad de inventario producto terminado**: La cantidad de insumos que serán recepcionados en el área de productos terminados debe ser menor o igual a la capacidad existente en las bodegas, considerando que se pueden almacenar dentro de ellas 7500 pallets de los once productos que fueron seleccionados, correspondientes a 27.200.000 unidades.

$$\sum_{i=1}^{11} I_{ip} \leq 27.200.000 \qquad \forall p = 1, 2, 3, 4$$

- **Demanda:** Para satisfacer la demanda de los once productos seleccionados esta debe ser igual a lo que se encuentra en el inventario del período anterior sumado a lo que se produce, menos el inventario del período actual. De esta forma es posible asegurar que los pedidos se entreguen en su totalidad en los plazos estipulados dentro del pe

$$I_{i(p-1)} + X_{ip} - I_{ip} = D_{ip} \qquad \forall p$$

- **Inventario inicial y Final:** Tanto en el inventario inicial como final es necesario que no se produzcan quiebres de stock, al tratarse de familias de productos con un alto volumen de ventas, por lo tanto, se agrega una ecuación de no negatividad para que esto se cumpla.

$$\sum_{i=1}^{11} I_{i1} = 28.500$$

$$\sum_{i=1}^{11} I_{i4} = 28.500$$

$$\sum_{i=1}^{11} I_{ip} \geq 0 \qquad \forall p = 1, 2, 3, 4$$

- **Insumos utilizados**: Se representan a través de cantidad de producción, donde los insumos requeridos deben ser menores a los insumos disponibles, siendo especificado en el Anexo N°15, el tipo de insumo que requiere cada producto.

$$\sum_{i=1}^{11} \sum_{s=1}^{20} (E_{isp} * X_{ip}) \leq T_{isp} \qquad \forall s, p$$

- **Recursos utilizados:** Se representan a través de cantidad de producción, donde el recurso requerido (horas-hombre) debe ser menor o igual a los recursos disponibles.

$$\sum_{i=1}^{11} (\boldsymbol{R_{inp}} * \boldsymbol{X_{ip}}) \leq \boldsymbol{G_{inp}} \quad \forall \mathbf{n}, \mathbf{p}$$

- **Capacidad de almacenamiento en bodega:** El stock de seguridad debe ser menor o igual a la capacidad que existe en la bodega.

$$\sum_{i=1}^{11} \boldsymbol{Q_{ip}} \leq \mathbf{2.700.000} \qquad \forall \mathbf{p} = \mathbf{1}, \mathbf{2}, \mathbf{3}, \mathbf{4}$$

- **Inventario y capacidad de almacenamiento:** La capacidad de almacenamiento es parte del inventario, por lo que, se debe cumplir que el inventario es mayor o igual a la capacidad de almacenamiento.

$$\sum_{i=1}^{11} \boldsymbol{I_{ip}} \geq \boldsymbol{Q_{ip}} \qquad \forall \mathbf{p} = \mathbf{1}, \mathbf{2}, \mathbf{3}, \mathbf{4}$$

- **Stock de seguridad:** Al tratarse de una gran empresa, esta debe contar con un stock de seguridad que permita un nivel de servicio del 95%, considerando los plazos de entrega y la demanda que se desea cubrir.

$$\boldsymbol{Q_{ip} = Z * P_{ip} * \sqrt{N_{ip}} \qquad \forall p = 1,2,3,4}$$

Finalmente, la función objetivo que representa la situación presente asociada a disminución en los costos de fabricación Cf es la siguiente:

$$\text{Min Cf} = \sum_{i=1}^{11} \sum_{s=1}^{20} (A_{ip} * X_{ip} + B_{ip} * I_{ip})$$

A continuación, la Tabla 3.6 realiza la descripción de los once productos, considerando la familia a la que corresponden, el tipo de cuaderno y la cantidad de hojas que contienen.

Tabla 3.6 Descripción de Productos (i)

Producto	Descripción
1	CUAD TORRE CLASICO LITO 7 MM 100 HJS.
2	CUAD TORRE CLASICO FAUNA MAT 7MM 100 HJS
3	CUAD TORRE CLASICO MUJER MAT 7MM 100 HJS
4	CUAD TORRE CLASICO CIUDAD 7MM 100 HJS
5	CUAD TORRE CLASICO LISO 7MM 100 HJS
6	CUAD UNIV. COLON FEMINA MAT 7MM 100 HJS
7	CUAD UNIV. COLON LISO MAT 7MM 100 HJS
8	CUAD UNIV. AUCA LITO MAT 7MM 100 HJS
9	CUAD UNIV. AUCA LISO MAT 7MM 100 HJS
10	CUAD COLLEGE AUCA MAT 7MM 80 HJS
11	CUAD COLLEGE TORRE LISO MAT. 7MM 100 HJS

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, de los once productos que serán ocupados en el modelo, seis corresponden a la marca Torre, tres a la marca Colon y dos a la marca Auca, teniendo una mayor preponderancia la marca Torre, la cual a su vez presenta un nivel de ventas superior.

La Tabla 3.7, describe los veinte insumos que serán ocupados según el tipo de cuaderno que será fabricado.

Tabla 3.7 Descripción de insumos (s)

Producto	Insumo
1	Tapa 20,2 X 25 (cm) Cartulina RC 325 gr/m2
2	Tapa 20,2 X 25 (cm) Cartulina RC 305 gr/m2
3	Tapa 20,2 X 25 (cm) Cartulina ERC 325 gr/m2
4	Tapa 20,2 X 25 (cm) Cartulina ERC 305 gr/m2
5	Tapa 20,2 X 25 (cm) Cartulina ERB 360 gr/m2
6	Tapa 20,2 X 25 (cm) Cartulina Valdivia ERC 235 gr/m2
7	Tapa abierta 36,7 X 24,3 (cm) Cartulina ERC 232-AR 235 gr/m2
8	Tapa abierta 38 X 24,3 (cm) Cartulina ERB 280 gr/m2
9	Contratapa 20,2 X 25 (cm) Cartulina RC 325 cm/m2
10	Contratapa 20,2 X 25 (cm) Cartulina RC 305 cm/m2
11	Contratapa 20,2 X 25 (cm) Cartulina ERC 325 cm/m2
12	Contratapa 20,2 X 25 (cm) Cartulina ERC 305 cm/m2
13	Contratapa 20,2 X 25 (cm) Cartulina ERB 360 gr/m2
14	Contratapa 20,2 X 25 (cm) Cartulina Valdivia ERC 235 gr/m2
15	Cuerpo formato 20,2 x 25 (cm) Papel Bond 50 GR/M2
16	Cuerpo formato cerrado 18 x 24,3 Papel Bond oxford 50 GR/M2
17	Armado formato 20,2 X 25 cm Alambre Plata 1,0 MM
18	Armado formato 20,2 X 25 cm Alambre Magenta 1,0 MM
19	Armado formato 20,2 X 25 cm Alambre Negro 1,0 MM
20	Armado formato cerrado 18 X 24,3 CM Alambre Nº 25 P/cuaderno Cosido IMP

Fuente: Elaboración Propia

Las cantidades de insumos que serán utilizadas se especifican en la receta de cada cuaderno donde se define el tipo y cantidad de insumo que se debe producir para la fabricación de cada producto. En el Anexo Nº 14 se detallan los once productos considerados en este trabajo.
Los insumos disponibles importados (alambre y papel) y los semielaborados provenientes del área gráfica (tapas y contratapas) serán especificados en la Tabla 4.8.

Tabla 3.8 Cantidad de insumo s disponible en periodo p (T_{isp})

	Periodo (mes)			
Insumo	**1**	**2**	**3**	**4**
1	433.000	433.000	433.000	433.000
2	55.000	55.000	55.000	75.000
3	96.000	55.000	85.000	115.000
4	175.000	125.000	155.000	225.000
5	89.000	79.000	89.000	109.000
6	811.000	811.000	811.000	811.000
7	161.000	130.000	151.000	181.000
8	262.000	261.000	361.000	362.000
9	455.000	455.000	455.000	455.000
10	55.000	55.000	55.000	75.000
11	96.000	76.000	86.000	135.000
12	200.000	100.000	155.000	210.000
13	89.000	79.000	75.000	110.000
14	811.000	811.000	811.000	811.000
15	1.354.000	2.049.000	2.464.000	2.781.000
16	500.000	1.223.000	1.372.000	3.380.000
17	1.682.000	1.253.000	529.000	730.000
18	5.295.000	4.935.000	8.875.000	23.591.000
19	3.144.000	2.329.000	1.337.000	2.265.000
20	15.432.000	14.200.000	12.715.000	63.353.000

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 3.9 considera como recurso la mano de obra que se requiere en la fabricación de los once productos, siendo contabilizada en Horas- Hombre y siendo la misma cantidad para los cuatro períodos.

Tabla 3.9 Cantidad de recurso n disponible de producto i en el período p (G_{inp})

	Periodo (mes)			
Recurso	**1**	**2**	**3**	**4**
1	464.700	464.700	464.700	464.700

Las capacidades de producción, inventario y almacenamiento en bodega se especifican en la Tabla 3.10, estableciendo los niveles máximos de unidades de cuadernos/hora en cada uno de los períodos.

Tabla 3.10 Capacidad de producción, inventario y almacenamiento en bodega (C_p, K_p, L_p).

	Periodo (mes)			
Capacidad	**1**	**2**	**3**	**4**
Capacidad de Producción	3.250.000	3.250.000	3.250.000	3.250.000
Existencia de Inventario	27.240.000	27.240.000	27.240.000	27.240.000
Capacidad de almacenamiento en bodega	2.700.000	2.700.000	2.700.000	2.700.000

Fuente: Elaboración propia

Los costos de producción que se detallan en la Tabla 3.11 para producción, inventario y almacenamiento en bodega, repiten sus valores en los cuatro períodos, siendo valorizados en pesos chilenos por unidad de cuaderno.

Tabla 3.11 Costos de producción, inventario y almacenamiento en bodega (A_{ip}, B_{ip}, F_{ip})

	Costos ($/unidad de cuaderno)		
Productos	**Producción**	**Inventario**	**Almacenamiento en bodega**
1	240	60	470
2	240	60	470
3	240	60	470
4	230	60	470
5	250	60	670
6	250	60	480
7	200	50	480
8	190	50	280
9	190	50	280
10	130	30	260
11	200	40	480

3.4 Verificación de los Resultados

Considerando los meses correspondientes entre agosto 2016 y noviembre 2016, los resultados de los costos para la situación actual son los siguientes se representan a partir de la Tabla 3.12:

Tabla 3.12 Resultados finales de la situación actual

Clasificación	Costos (millones de pesos)
Costo de Producción	2.040
Costo de Inventario	510
Costo Total	2.550

Fuente: Elaboración Propia

A partir del modelo previamente realizado, la Tabla 3.13 representa la cantidad de producción necesaria para cumplir con el pronóstico de la demanda realizado en la Tabla 4.3.

Tabla 3.13 Resultados de la variable de decisión X_{ip} en miles.

	Período (mes)			
Productos	1	2	3	4
1	123	87	114	141
2	190	156	182	207
3	49	13	41	69
4	90	54	81	109
5	99	63	90	117
6	64	28	56	83
7	82	46	74	101
8	119	84	110	137
9	118	83	109	136
10	157	122	148	174
11	253	220	245	269
Total	**1.343**	**958**	**1.250**	**1.542**

Fuente: Elaboración propia

De esta forma se cumple con la restricción de capacidad de producción, la cual debía ser menor o igual a 3.250.000 unidades. Respecto a la tabla 3.14, ésta refleja los productos que deben ser almacenados en la bodega de productos terminados de la planta. La restricción de la capacidad de inventario se cumple en cada uno de los períodos, la cual debía ser menor o igual a 27.250.000 unidades.

Tabla 3.14 Resultados de los productos en inventario I_{ip} en miles.

	Período (mes)				
Productos	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**
1	20	28	2	2	29
2	20	29	3	3	28
3	20	28	0	0	29
4	20	29	1	1	28
5	20	29	2	2	28
6	20	28	1	1	29
7	20	29	1	1	28
8	20	29	2	2	28
9	20	28	2	2	29
10	20	29	3	3	29
11	20	28	4	4	29
Total	**220**	**314**	**21**	**21**	**314**

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 3.14 consideró dentro de los productos que deben estar en inventario, el stock de seguridad que evitará futuros quiebres de stock en la empresa, generando así, un eficiente control y gestión de inventarios.

Los insumos que serán utilizados corresponden a los insumos requeridos para una cierta cantidad de producción, siendo representado en la Tabla 3.15. Además, en el Anexo N°15 se especifica la cantidad de insumos que requiere cada producto.

Tabla 3.15 Cantidad de insumos utilizados en miles

	Periodo			
Insumos	**1**	**2**	**3**	**4**
1	313	239	296	353
2	49	12	41	69
3	90	53	81	110
4	163	89	146	203
5	82	45	74	102
6	237	163	220	277
7	157	120	148	177
8	253	216	245	273
9	313	239	296	353
10	49	12	41	69
11	90	53	81	110
12	163	89	146	203
13	82	45	74	102
14	237	163	220	277
15	934	601	857	1.114
16	405	336	393	450
17	551	366	508	651
18	64	27	56	84
19	319	208	293	379
20	410	336	393	450
TOTAL	**4.961**	**3.412**	**4.609**	**5.806**

Fuente: Elaboración propia

Al comparar los resultados entregados por la tabla 3.15 con los insumos disponibles que existen en la planta representados en la Tabla 3.8, es posible identificar que existe un exceso de los mismos, por lo tanto, hay más insumos de los necesarios, lo cual se refleja en la Tabla 3.16.

Tabla 3.16 Comparación entre insumos utilizados y disponibles para cada producto en miles.

Período	Insumos utilizados	Insumos disponibles	Porcentaje de exceso
1	4.961	31.195	84%
2	3.412	29.514	88%
3	4.609	31.069	85%
4	5.806	100.207	94%

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, aproximadamente el 88% de los insumos totales presentan un exceso en bodega.

Considerando que en la planta los trabajadores tienen por día tres turnos de 7,5 horas cada uno, la cantidad de horas hombre y trabajadores para fabricar los once productos que fueron seleccionados se representa en la Tabla 3.17.

Tabla 3.17 Cantidad de Horas-Hombre/día y trabajadores requeridos por producto

	Periodos							
Productos	1		2		3		4	
	H-H/día	Trabajadores	H-H/día	Trabajadores	H-H/día	Trabajadores	H-H/día	Trabajadores
1	97	13	69	9	98	13	115	15
2	151	20	123	17	156	21	168	22
3	39	5	10	1	35	5	56	7
4	71	9	43	5	70	15	88	6
5	78	10	50	7	77	10	95	13
6	51	7	22	3	48	6	68	9
7	65	9	36	5	63	8	82	11
8	94	13	66	9	95	13	112	15
9	93	12	66	9	94	13	110	15
10	124	17	97	13	127	17	142	19
11	200	27	174	24	210	28	219	29

Capítulo IV: Análisis

4.1 Resultados Obtenidos

El modelo de programación de la producción realizado buscaba la minimización de los costos operacionales relacionados a la producción e inventario. A continuación, la Tabla 5.1 muestra los resultados obtenidos a partir del modelo para los once tipos de cuadernos seleccionados:

Tabla 4.1 Resultados del modelo de programación de la producción

Clasificación	Costos ($CLP)
Producción	1.280
Inventario	80
Función objetivo	**1.360**

Fuente: Elaboración Propia

La Tabla 4.2 realiza una comparación entre la Tabla 4.1 y la Tabla 3.12, con la finalidad de contrastar la situación actual y los resultados obtenidos a partir del modelo.

Tabla 4.2 Comparación de escenarios (en millones de pesos)

	Resumen de escenarios			
Clasificación	Situación actual	Escenario con modelo	Ahorro	% de Ahorro
Costo Producción ($)	2.040	1.280	760	37%
Costo Inventario ($)	510	80	430	84%
Costo Total	2.550	1.360	1.190	47%

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 4.2 permite comparar ambos escenarios, demostrando así, que los costos totales disminuyeron en un 47%, permitiendo de esta forma satisfacer la demanda de la empresa. Cabe destacar como dato relevante que el costo de inventario se redujo en un 84%, lo cual refleja que las bodegas de productos terminados pueden reducir sus costos y espacio de almacenaje, teniendo períodos donde es posible utilizar el método JIT.

Respecto a los costos de producción generados a partir del modelo, estos lograron entregar un resultado que permitió generar un 37% de ahorro, lo cual incluye los recursos que serán ocupados para la fabricación de una unidad de cuaderno la materia prima, el semielaborado y el recurso humano que se requiere para cumplir con la demanda.

La figura 4.1 refleja el estado que entrega el programa What’s Best Lindo una vez terminada programación del modelo, entregando una solución globalmente óptima a partir de un modelo de programación lineal que tuvo por objetivo la minimización de costos, mostrando una infactibilidad de 0,0.

MODEL INFORMATION:

CLASSIFICATION DATA	Current	Capacity Limits
Total Cells	3974	
Numerics	3840	
Adjustables	110	300
Continuous	110	
Free	0	
Integers/Binaries	0/0	30
Constants	3597	
Formulas	133	
Strings	0	
Constraints	134	150
Nonlinears	0	30
Coefficients	784	

Minimum coefficient value: 0.013636363636364 on MODELO 2 !L4
Minimum coefficient in formula: MODELO 2 !L315
Maximum coefficient value: 27240000 on <RHS>
Maximum coefficient in formula: MODELO 2 !T20

MODEL TYPE:	Linear (Linear Program)
SOLUTION STATUS:	GLOBALLY OPTIMAL
OBJECTIVE VALUE:	1.360.314.591,8157
BEST OBJECTIVE BOUND:	. . .
INFEASIBILITY:	0,0
DIRECTION:	Minimize
SOLVER TYPE:	. . .
ITERATIONS:	0,0
STEPS:	. . .
ACTIVE:	. . .
SOLUTION TIME:	0 Hours 0 Minutes 0 Seconds

End of Report

Figura 5.1 What's Best Status
Fuente: Elaboración propia

Capítulo V: Conclusiones

Productos Torre S.A ha manifestado los últimos cuatro años problemas relacionados a la programación de la producción, lo cual ha repercutido en pedidos que no fueron entregados a tiempo por fallas asociadas al set-up y ajustes principalmente.

Para verificar si la planificación fue realizada de manera correcta, se realizaron dentro del planteamiento del problema cuadros de distribución que representan los cambios de formato dentro del proceso productivo. Además, como paso previo a la programación fue realizada una proyección de la demanda desarrollada a partir del método de factores, lo cual ayudó a visualizar las ventas que tendrá la empresa en el 2017.

Luego fueron definidos los parámetros y las variables de decisión utilizadas en la formulación del modelo matemático, el cual buscaba disminuir los costos operacionales relacionados principalmente con la producción, el inventario y stocks de seguridad presentes en el proceso de fabricación.

El modelo de programación lineal fue diseñado a través del software What's Best Lindo, donde se consideraron cuatro períodos de producción de un mes cada uno correspondientes al año 2017 teniendo estos la mayor cantidad de volumen de producción de los once tipos de cuadernos seleccionados, los cuales su vez representan el 80% del total de productos catalogados como AAA y veinte insumos y un recurso que se encontraban presentes en la receta de fabricación.

La situación actual de la empresa fue contrastada con los resultados obtenidos en el modelo de programación de la producción, lo cual repercute de forma directa en la disminución en el porcentaje de incumplimiento asociado al área de productos terminados de la planta.

Se concluye que el objetivo general del presente trabajo de título se cumple a cabalidad además de generar una reducción en los costos operacionales de la empresa Productos Torre S.A

Los resultados a partir del modelo determinaron una disminución del 47% de los costos totales de producción traducidos en 1.190 millones los cuales representan una disminución en un 37% de costos asociados directamente a la producción de cuadernos, un 84% de costos relacionados al inventario de productos terminados.

5.1 Propuestas

- Elaborar un pronóstico de la demanda que considere las restricciones relacionadas a la capacidad de la planta productiva, con el objetivo de lograr una producción JIT que responda eficientemente ante las solicitudes de los clientes.
- Considerar un mayor control dentro del proceso productivo mediante la comunicación entre los departamentos de planificación, producción y mantención principalmente, los cuales deberían realizar reuniones semanales con el objetivo de generar propuestas que conlleven a una toma de decisiones adecuada dentro del área de productos terminados.
- Se requiere entregar al área de productos terminados planificaciones que consideren mantenciones de carácter preventiva, con el objetivo de disminuir los tiempos muertos que producen las máquinas cuando fallan, las cuales deben reubicar el personal que tienen a cargo mientras se repara y dejan de producir lo que fue planificado. Además, la realización constante de mantenciones preventivas y una mayor especialización para los maestros de máquina ayudará a que estas tengan una mayor vida útil.
- Es necesario contar un stock de seguridad pertinente para reaccionar ante cualquier pedido no planificado, evitando de esta forma los quiebres de stock, al tratarse los once cuadernos categorizados como productos AAA.

Bibliografía

- Boiteux, O. (2007) Estado del arte sobre la planificación agregada de la producción. Instituto de organización y control de sistemas industriales. Universidad de Cataluña. Barcelona.

- Heizer, J y Render, B. (2009) Dirección de la producción y de operaciones. Direcciones estratégicas. (8ª ed.) México: Pearson Educación.

- Hillier, F y Lieberman, G. (2001) Investigación de Operaciones (7ª ed.) México: McGraw-Hill.

- Leiva, E & González, H (2009) Programación de la Producción en el Proceso de Extrusión en Snaploc Chile S.A. (tesis de pregrado). Universidad de Valparaíso, Valparaíso.

- Krajewski, L., & Ritzman, L., & Malhotra, M., (2008) Administración de Operaciones. (8va ed.) México: Pearson Educación.

- Ortiz Z., Carmen & Varas G., Samuel & Vera A., Jorge. (2004) Optimización y modelos para la gestión. Chile: Editorial Lom Ediciones.

- Bilbao, S. (2016). Programación de la Producción para la Línea de Mermeladas en Empresa Eckart Alimentos S.p.a. (tesis de pregrado). Universidad de Valparaíso, Valparaíso.

- Soto, C. (2009). Modelo Matemático de Planificación Agregada de la Producción y Gestión del Proceso de Canje de Cilindros en Gasco S.A. (tesis de pregrado). Universidad de Chile, Santiago.

- Viveros, R, & Salazar, E,. (2010). Modelo de Planificación de la Producción para un Sistema Multiproducto con Múltiples Líneas de Producción. Revista Ingeniería de Sistemas. Volumen XXIV.

Anexo

Anexo 1: Especificaciones técnicas de las rayadoras

	E.C.H Will 1	E.C.H Will 2	Will Womako
Desbobinadora	Doble	Doble	Doble
Torre de impresión	3+2	3+2	3+2
Grupos de impresión	4+4	4+4	4+4
Corte separación	3 provechos	3 provechos	3 provechos
Controlador de tensión de la banda	Disponible	Disponible	Disponible
Grúa para cilindros	Disponible	Disponible	Disponible

Anexo 2: Especificaciones técnicas de las guillotinas.

Polar N 137 Plus		Polar 115 x	
Longitud del corte	137 cm	**Longitud del corte**	115 cm
Altura de carga (sin cubierta)	16,5 cm	**Altura de carga (sin cubierta)**	16,5 cm
Profundidad de introducción	145 cm	**Profundidad de introducción**	115 cm
Hondo de la mesa delantera	73 cm	**Hondo de la mesa delantera**	71,5 cm
Anchura sin mesas de salida	254 cm	**Anchura sin mesas de salida**	233 cm
Anchura con mesas de salida	288 cm	**Anchura con mesas de salida**	265 cm
Profundidad	282 cm	**Profundidad**	254 cm
Altura	171 cm	**Altura**	171 cm
Altura de mesa	90 cm	**Altura de mesa**	90 cm
Presión de prensado	150 a 5500 daN	**Presión de prensado**	150 a 4500 daN

Anexo 3: Especificaciones técnicas de Womako 530 y Bielomatik P 42-49

WOMAKO 530		BIELOMATIK P 42-49	
Lado de encuadernación tamaño máximo	330 mm	**Velocidad máxima**	500 m/min
Lado de encuadernación tamaño mínimo	120 mm	**Frecuencia de corte máximo (2,5 mm)**	6800/min
Tamaño de la anchura máximo	320 mm	**Perforación ciclos papel mx. 2x120**	240/min
Tamaño de la anchura mínimo	90 mm	**Espesor del producto espiral de acero máximo**	30 mm
Anchura mínima del handfeed	33 min	**Espesor del producto espiral de acero mínimo**	2 mm
Grosor máximo	32 mm	**Ciclos de punzonado sección de alimentación máxima**	120/min
Alambre de la bobina grosor mínimo del cable de bobina	6 mm	**Máquina con unidad de corte de separación máxima**	160 mm
Punzones (2) agujeros por pulgada	2,5 agujeros	**Borde sin consolidar máximo**	230 mm
Eléctrico	208 voltios 100 amp 3 fases	**Borde sin consolidar mínimo**	105 mm

Anexo 4: Especificaciones técnicas de Womako 520 y Womako 542

WOMAKO 520		WOMAKO 542	
Modo de uso	Manual	**Formato encuadernado mínimo**	75 mm
Especificaciones	Corte automático	**Formato encuadernado máximo**	330 mm
Voltaje	220 V	**Formato no encuadernado mínimo**	90 mm
Presión de aire (bar)	6-8	**Formato no encuadernado máximo**	500 mm
Ancho máximo de papel	520 mm	**Espesor artículo**	32 mm
Tamaño mesa de trabajo	660x300mm	**Rendimiento**	45 ciclos/min

Anexo 5: Especificación familia de productos

CUADERNO UNIVERSITARIO 7MM 100 HOJAS	**A1**
CUADERNO UNIVERSITARIO 7MM 100 HOJAS ZURDOS	**A2**
CUADERNO UNIV DOBLE ESPIRAL 10X8	**A3**
CUADERNO UNIVERSITARIO ESPIRAL SIMPLE	**A4**

CUADERNO TRIPLE 120 HOJAS 7MM	**B1**
CUADERNO TRIPLE 150 HOJAS 7MM	**B2**

CUADERNO TOP 150 HOJAS 7MM	**C1**
CUADERNO TOP 120 HOJAS 7 MM	**C2**

CUADERNO BOOK 150 HOJAS 7MM	**D1**
CUADERNO BOOK 180 HOJAS 5 MM	**D2**
CUADERNO BOOK 120 HOJAS 7MM	**D3**

CUADERNO POCKET 7MM 100 HOJAS	**E1**

CUADERNO 5 MATERIA 200 HOJAS	**F1**

CUADERNO COLLEGE 7MM 100 HOJAS	**G1**
CUADERNO COLLEGE CROQUIS 100 HOJAS	**G2**
CUADERNO COLLEGE CAL. HOR. 100 HOJAS	**G3**

CUADERNO COLLEGE 5MM 100 HOJAS	**G4**
CUADERNO COLLEGE 7MM 80 HOJAS	**G5**
CUADERNO COLLEGE CROQUIS 80 HOJAS	**G6**
CUADERNO COLLEGE CAL. HOR. 80 HOJAS	**G7**
CUADERNO COLLEGE CAL. VER. 80 HOJAS	**G8**
CUADERNO COLLEGE 5MM 80 HOJAS	**G9**
CUADERNO COLLEGE CIENCIAS 80 HOJAS	**G10**
CUADERNO COLLEGE COMP. 80 HOJAS	**G11**

CUADERNO DOBLEZ 7MM 100 HOJAS	**H1**
CUADERNO DOBLEZ 5MM 105 HOJAS	**H2**
CUADERNO DOBLEZ 7MM 96 HOJAS	**H3**
CUADERNO DOBLEZ 7MM 95 HOJAS	**H4**
CUADERNO DOBLEZ 5MM 95 HOJAS	**H5**
CUADERNO DOBLEZ 7MM 60 HOJAS	**H6**
CUADERNO DOBLEZ 7MM 40 HOJAS	**H7**

Anexo 6: Niveles de cumplimiento de producción año 2014

Año 2014			
Mes	**Programado**	**Fabricado**	**% Cumplimiento**
Enero	5.346.280	4.411.103	82,51%
Febrero	4.960.121	3.895.867	78,54%
Marzo	3.622.320	3.107.663	85,79%
Abril	2.573.318	2.131.648	82,84%
Mayo	2.368.924	1.538.887	64,96%
Junio	4.226.534	3.430.009	81,15%
Julio	5.534.750	4.742.395	85,68%
Agosto	4.820.200	3.997.005	82,92%
Septiembre	4.825.000	3.976.799	82,42%
Octubre	6.780.435	5.265.936	77,66%
Noviembre	6.116.442	4.789.435	78,30%
Diciembre	7.247.130	5.463.660	75,39%
Anual	58.421.454	46.750.407	80,02%

Anexo 7: Niveles de cumplimiento de producción año 2015

Año 2015			
Mes	**Programado**	**Fabricado**	**% Cumplimiento**
Enero	5.146.380	4.471.665	86,89%
Febrero	4.558.344	3.945.956	86,57%
Marzo	2.597.770	1.923.350	74,04%
Abril	3.422.900	2.672.649	78,08%
Mayo	2.858.196	2.268.244	79,36%
Junio	3.495.287	2.517.004	72,01%
Julio	5.804.730	5.215.862	89,86%
Agosto	5.428.142	4.587.662	84,52%
Septiembre	5.464.569	4.536.951	83,02%
Octubre	5.379.997	4.391.479	81,63%
Noviembre	5.575.456	4.189.586	75,14%
Diciembre	5.808.547	3.853.674	66,34%
Anual	55.540.318	44.574.082	80,26%

Anexo 8: Niveles de cumplimiento de producción año 2016

Año 2016			
Mes	**Programado**	**Fabricado**	**% Cumplimiento**
Enero	2.886.569	2.505.636	86,80%
Febrero	4.104.844	3.200.890	77,98%
Marzo	4.588.868	4.718.155	102,82%
Abril	5.095.776	3.886.687	76,27%
Mayo	3.282.858	2.811.214	85,63%
Junio	4.165.341	3.689.841	88,58%
Julio	5.340.407	3.861.628	72,31%
Agosto	5.009.178	4.031.232	80,48%
Septiembre	3.602.428	3.042.173	84,45%
Octubre	4.371.646	3.303.772	75,57%
Noviembre	372.999	870.784	233,45%
Diciembre	3.730.625	2.731.659	73,22%
Anual	46.551.539	38.653.671	83,03%

Anexo 9: Demanda del inventario

Categoría		
	Inventario de demanda independiente	Inventario de demanda dependiente
Descripción	En este caso el origen de la demanda generalmente se da en fuentes ajenas a la propia compañía, representadas casi siempre por un cliente externo. Se denomina independiente debido a que la demanda del inventario básicamente no está sujeta a las acciones de la empresa. En muchos casos tal inventario está conformado por productos finales, es decir, artículos terminados y listos para la venta.	La fuente del inventario de demanda dependiente está directamente subordinada a decisiones internas de la compañía, sobre todo por lo que respecta a la decisión de qué producto fabricar, en qué cantidad y en qué momento. En este sentido es preciso señalar que podría considerarse una respuesta directa a los requerimientos de los clientes, pero de hecho muchas empresas pueden tomar decisiones de producción en momentos y volúmenes diferentes de lo que representa la demanda externa de los clientes.

Anexo 10: Problemas en los pronósticos

Clasificación	Descripción
Arranque	Se presenta cuando no se tienen suficientes datos históricos para realizar el pronóstico, generalmente cuando se introducen al mercado nuevos productos o servicios.
Demanda irregular	Aparece en el pronóstico cuando se da una variación aleatoria importante, opacando los patrones de tendencia y estacionalidad.
Pronostico regional	En una situación en particular, dependiendo de las regiones se pueden observar diferencias en tendencias, gustos, etc., por lo tanto, es sumamente importante que la persona encargada de realizar el pronóstico evalúe si es conveniente pronosticar las regiones agrupadamente o por separado
Error de pronostico	El error de pronóstico es la diferencia que se obtiene entre el valor real y el pronosticado para el periodo de tiempo correspondiente

Anexo 11: Posición de la demanda en el proceso productivo

Categoría	Descripción
Materia prima	Constituye el inventario que debe adquirirse para utilizarlo en el proceso de producción, y que no tiene un valor añadido por el proceso de producción de la compañía.
Trabajo en proceso (TEP)	Representa el inventario que ya ha recibido algún valor agregado, pero que todavía debe sufrir un procesamiento adicional antes de poder utilizarlo para atender la demanda de los clientes.
Bienes terminados	Representan el inventario de aquellos productos que han pasado ya por todo el procesamiento de parte de la empresa. Por lo general dicho inventario se encuentra listo (con la posible excepción del empaque) para atender con él la demanda de los clientes.
Mantenimiento, reparación y operaciones	Es el acervo de material que se utiliza para dar apoyo a los procesos productivos y de negocio de la empresa, pero por lo general no está destinado a la venta directa al público. Se compone de partes de repuesto, aceite para maquinaria, suministros de limpieza, suministros de oficina, etcétera.

Anexo 12: Función del inventario dentro del proceso productivo

Categoría	Descripción
Inventario de transito	Es el acervo de material en movimiento de una actividad a otra. Su forma más común es el inventario que está en el sistema de transportación en un momento dado.
Inventario de ciclo	Es aquel que se presenta cuando en determinado período la tasa de reabastecimiento es superior a la demanda, situación que suele darse debido a los costos de pedido, costos de configuración o consideraciones de empaque.
Inventario de almacenamiento temporal	También denominado inventario de seguridad. Corresponde al inventario que se mantiene explícitamente para proteger la organización ante la posibilidad de que los trabajadores se ausenten, que los proveedores retrasen la entrega de pedidos o se equivoquen de productos, que ocurran problemas respecto de la calidad, que las máquinas se descompongan, etc.
Inventario de anticipación	Es aquel que se acumula con el propósito de anticiparse a un exceso de demanda respecto de la producción normal. Los dos objetivos que se intenta lograr con este tipo de inventario son: dar cabida a una demanda estacional, o contar con material suficiente para que la operación de marketing haga promociones. Durante los periodos de baja demanda casi siempre se da una acumulación de inventario de aquellos productos que cuentan con alta demanda estacional; esto se hace con el objetivo de atender la demanda de los clientes durante la temporada alta.
Inventario de desacople	Es el que se ubica a propósito entre las operaciones para permitirles funcionar de manera independiente entre sí.

Anexo 13: Clasificación para la planificación agregada mediante programación lineal

	Características	Área de productos terminados	Análisis
Horizonte	Mono-período Multi-período	Multi-período	Se considera multi-período, porque la planificación será subdividida en BTS, marcas propias, Junaeb y exportación.
Producto	Mono-producto Multi-producto	Multi-producto	Son generados una amplia gama de productos pertenecientes a las distintas familias.
Etapas	Mono-etapa Multi-etapa	Multi-etapa	Para la fabricación de los cuadernos seleccionados es necesario completar una secuencia de etapas que incluyen el rayado, guillotinado y ensamble.
Quiebre de stock	No se admite Retrasos/pérdidas	Retrasos/pérdidas	Existen retrasos por parte de los proveedores que no son controlables y pérdidas de material relacionado a fallas en las maquinarias y control de calidad deficiente al recibir los materiales.
Demanda	Determinista No determinista	Determinista	Se encuentra previamente determinada, al momento en que los clientes realizaron un determinado pedido.
Instalaciones	Definidas Variables	Definidas	Se encuentran preestablecidas las máquinas que serán ocupadas y el lugar físico.
Procesos	Definidos Variables	Definidos	Los procesos cuentan con un orden definido y preestablecido según el cuaderno que será fabricado.
Stocks	Se puede almacenar No se puede almacenar	Se puede almacenar	Torre cuenta con bodegas para almacenar los productos terminados y un área específica de despacho.
Función objetivo	Mono-criterio Multicriterio	Multicriterio	La función objetivo contendrá múltiples criterios de planificación agregada.
Nivel de producción	Constante Variable	Variable	El nivel de producción se encuentra sujeto a modificaciones.

Anexo 14: Productos AAA

DESCRIPCION	2014	2015	2016
CUAD. LIMITED BOOK OFFICE 7MM. 100 HJS.	0	28.656	40.320
CUAD. LIMITED BOOK SCOTLAND MAT. 7MM 150	18.144	25.732	13.440
CUAD TORRE CLASICO LITO 7 MM 100 HJS	1.034.736	699.120	1.091.680
CUAD TORRE CLASICO FAUNA MAT 7 100 H	1.517.776	1.018.480	1.875.270
CUAD TORRE CLASICO MUJER MAT.7 MM 100 HJ.	494.450	317.680	311.920
CUAD TORRE CLASICO CIUDAD	777.500	792.800	459.520
CUAD.UNIV. TD COLON FÉMINA MAT. 7MM. 100 HJS.	80.240	271.440	351.950
CUAD TORRE CLASICO LISO 7MM 100 HJS	559.920	732.000	810.000
CUAD. TORRE UNO MAT 7MM 7132-100	1.945.000	654.000	0
CUAD UNIV. COLON LISO MAT-7MM 100 HJS	617.920	451.700	542.900
CUAD. UNIV. AUCA LITO MAT.7MM 100 HJS.	3.598.000	4.467.000	5.850.300
CUAD. UNIV. AUCA LISO MAT.7 MM 100 HJS.	532.600	846.000	741.000
CUAD. COLLEGE AUCA MAT. 7MM. 80 HJS	1.995.600	1.305.700	910.400
CUAD. COLLEGE TORRE LISO MAT. 7MM. 100 H	1.744.800	1.905.000	2.149.600
TOTAL	**12.971.686**	**12.861.308**	**15.148.300**
FAMILIA CUAD TORRE CLASICO	4.384.382	3.560.080	4.548.390
FAMILIA CUAD UNIV. COLON	698.160	723.140	894.850
FAMILIA CUAD UNIV. AUCA	4.130.600	5.313.000	6.591.300
FAMILIA CUAD COLLEGE AUCA	1.995.600	1.305.700	910.400
FAMILIA CUAD COLLEGE TORRE	1.744.800	1.905.000	2.149.600
TOTAL	12.953.542	12.806.920	15.094.540
% De participacion de las familias seleccionadas en el total de los productos catalogados como AAA	99,86%	99,58%	99,65%

Anexo 15: Cantidad de recurso unitario requerido

		Periodo p			
Producto	**Recursos**	**1,000**	**2,000**	**3,000**	**4,000**
1	1	1,000	1,000	1,000	1,000
	2	0,000	0,000	0,000	0,000
	3	0,000	0,000	0,000	0,000
	4	0,000	0,000	0,000	0,000
	5	0,000	0,000	0,000	0,000
	6	0,000	0,000	0,000	0,000
	7	0,000	0,000	0,000	0,000
	8	0,000	0,000	0,000	0,000
	9	1,000	1,000	1,000	1,000
	10	0,000	0,000	0,000	0,000
	11	0,000	0,000	0,000	0,000
	12	0,000	0,000	0,000	0,000
	13	0,000	0,000	0,000	0,000
	14	0,000	0,000	0,000	0,000
	15	1,000	1,000	1,000	1,000
	16	0,000	0,000	0,000	0,000
	17	1,000	1,000	1,000	1,000
	18	0,000	0,000	0,000	0,000
	19	0,000	0,000	0,000	0,000
	20	0,000	0,000	0,000	0,000
2	1	1,000	1,000	1,000	1,000
	2	0,000	0,000	0,000	0,000
	3	0,000	0,000	0,000	0,000
	4	0,000	0,000	0,000	0,000
	5	0,000	0,000	0,000	0,000
	6	0,000	0,000	0,000	0,000
	7	0,000	0,000	0,000	0,000
	8	0,000	0,000	0,000	0,000
	9	1,000	1,000	1,000	1,000
	10	0,000	0,000	0,000	0,000
	11	0,000	0,000	0,000	0,000
	12	0,000	0,000	0,000	0,000
	13	0,000	0,000	0,000	0,000
	14	0,000	0,000	0,000	0,000
	15	1,000	1,000	1,000	1,000
	16	0,000	0,000	0,000	0,000
	17	1,000	1,000	1,000	1,000

	18	0,000	0,000	0,000	0,000
	19	0,000	0,000	0,000	0,000
	20	0,000	0,000	0,000	0,000
3	1	0,000	0,000	0,000	0,000
	2	1,000	1,000	1,000	1,000
	3	0,000	0,000	0,000	0,000
	4	0,000	0,000	0,000	0,000
	5	0,000	0,000	0,000	0,000
	6	0,000	0,000	0,000	0,000
	7	0,000	0,000	0,000	0,000
	8	0,000	0,000	0,000	0,000
	9	0,000	0,000	0,000	0,000
	10	1,000	1,000	1,000	1,000
	11	0,000	0,000	0,000	0,000
	12	0,000	0,000	0,000	0,000
	13	0,000	0,000	0,000	0,000
	14	0,000	0,000	0,000	0,000
	15	1,000	1,000	1,000	1,000
	16	0,000	0,000	0,000	0,000
	17	1,000	1,000	1,000	1,000
	18	0,000	0,000	0,000	0,000
	19	0,000	0,000	0,000	0,000
	20	0,000	0,000	0,000	0,000
4	1	0,000	0,000	0,000	0,000
	2	0,000	0,000	0,000	0,000
	3	1,000	1,000	1,000	1,000
	4	0,000	0,000	0,000	0,000
	5	0,000	0,000	0,000	0,000
	6	0,000	0,000	0,000	0,000
	7	0,000	0,000	0,000	0,000
	8	0,000	0,000	0,000	0,000
	9	0,000	0,000	0,000	0,000
	10	0,000	0,000	0,000	0,000
	11	1,000	1,000	1,000	1,000
	12	0,000	0,000	0,000	0,000
	13	0,000	0,000	0,000	0,000
	14	0,000	0,000	0,000	0,000
	15	1,000	1,000	1,000	1,000
	16	0,000	0,000	0,000	0,000
	17	1,000	1,000	1,000	1,000
	18	0,000	0,000	0,000	0,000

	19	0,000	0,000	0,000	0,000
	20	0,000	0,000	0,000	0,000
5	1	0,000	0,000	0,000	0,000
	2	0,000	0,000	0,000	0,000
	3	0,000	0,000	0,000	0,000
	4	1,000	1,000	1,000	1,000
	5	0,000	0,000	0,000	0,000
	6	0,000	0,000	0,000	0,000
	7	0,000	0,000	0,000	0,000
	8	0,000	0,000	0,000	0,000
	9	0,000	0,000	0,000	0,000
	10	0,000	0,000	0,000	0,000
	11	0,000	0,000	0,000	0,000
	12	1,000	1,000	1,000	1,000
	13	0,000	0,000	0,000	0,000
	14	0,000	0,000	0,000	0,000
	15	1,000	1,000	1,000	1,000
	16	0,000	0,000	0,000	0,000
	17	1,000	1,000	1,000	1,000
	18	0,000	0,000	0,000	0,000
	19	0,000	0,000	0,000	0,000
	20	0,000	0,000	0,000	0,000
6	1	0,000	0,000	0,000	0,000
	2	0,000	0,000	0,000	0,000
	3	0,000	0,000	0,000	0,000
	4	1,000	1,000	1,000	1,000
	5	0,000	0,000	0,000	0,000
	6	0,000	0,000	0,000	0,000
	7	0,000	0,000	0,000	0,000
	8	0,000	0,000	0,000	0,000
	9	0,000	0,000	0,000	0,000
	10	0,000	0,000	0,000	0,000
	11	0,000	0,000	0,000	0,000
	12	1,000	1,000	1,000	1,000
	13	0,000	0,000	0,000	0,000
	14	0,000	0,000	0,000	0,000
	15	1,000	1,000	1,000	1,000
	16	0,000	0,000	0,000	0,000
	17	0,000	0,000	0,000	0,000
	18	1,000	1,000	1,000	1,000
	19	0,000	0,000	0,000	0,000

	20	0,000	0,000	0,000	0,000
	21	0,022	0,022	0,022	0,022
7	1	0,000	0,000	0,000	0,000
	2	0,000	0,000	0,000	0,000
	3	0,000	0,000	0,000	0,000
	4	0,000	0,000	0,000	0,000
	5	1,000	1,000	1,000	1,000
	6	0,000	0,000	0,000	0,000
	7	0,000	0,000	0,000	0,000
	8	0,000	0,000	0,000	0,000
	9	0,000	0,000	0,000	0,000
	10	0,000	0,000	0,000	0,000
	11	0,000	0,000	0,000	0,000
	12	0,000	0,000	0,000	0,000
	13	1,000	1,000	1,000	1,000
	14	0,000	0,000	0,000	0,000
	15	1,000	1,000	1,000	1,000
	16	0,000	0,000	0,000	0,000
	17	0,000	0,000	0,000	0,000
	18	0,000	0,000	0,000	0,000
	19	1,000	1,000	1,000	1,000
	20	0,000	0,000	0,000	0,000
8	1	0,000	0,000	0,000	0,000
	2	0,000	0,000	0,000	0,000
	3	0,000	0,000	0,000	0,000
	4	0,000	0,000	0,000	0,000
	5	0,000	0,000	0,000	0,000
	6	1,000	1,000	1,000	1,000
	7	0,000	0,000	0,000	0,000
	8	0,000	0,000	0,000	0,000
	9	0,000	0,000	0,000	0,000
	10	0,000	0,000	0,000	0,000
	11	0,000	0,000	0,000	0,000
	12	0,000	0,000	0,000	0,000
	13	0,000	0,000	0,000	0,000
	14	1,000	1,000	1,000	1,000
	15	1,000	1,000	1,000	1,000
	16	0,000	0,000	0,000	0,000
	17	0,000	0,000	0,000	0,000
	18	0,000	0,000	0,000	0,000
	19	1,000	1,000	1,000	1,000

	20	0,000	0,000	0,000	0,000
9	1	0,000	0,000	0,000	0,000
	2	0,000	0,000	0,000	0,000
	3	0,000	0,000	0,000	0,000
	4	0,000	0,000	0,000	0,000
	5	0,000	0,000	0,000	0,000
	6	1,000	1,000	1,000	1,000
	7	0,000	0,000	0,000	0,000
	8	0,000	0,000	0,000	0,000
	9	0,000	0,000	0,000	0,000
	10	0,000	0,000	0,000	0,000
	11	0,000	0,000	0,000	0,000
	12	0,000	0,000	0,000	0,000
	13	0,000	0,000	0,000	0,000
	14	1,000	1,000	1,000	1,000
	15	1,000	1,000	1,000	1,000
	16	0,000	0,000	0,000	0,000
	17	0,000	0,000	0,000	0,000
	18	0,000	0,000	0,000	0,000
	19	1,000	1,000	1,000	1,000
	20	0,000	0,000	0,000	0,000
10	1	0,000	0,000	0,000	0,000
	2	0,000	0,000	0,000	0,000
	3	0,000	0,000	0,000	0,000
	4	0,000	0,000	0,000	0,000
	5	0,000	0,000	0,000	0,000
	6	0,000	0,000	0,000	0,000
	7	1,000	1,000	1,000	1,000
	8	0,000	0,000	0,000	0,000
	9	0,000	0,000	0,000	0,000
	10	0,000	0,000	0,000	0,000
	11	0,000	0,000	0,000	0,000
	12	0,000	0,000	0,000	0,000
	13	0,000	0,000	0,000	0,000
	14	0,000	0,000	0,000	0,000
	15	0,000	0,000	0,000	0,000
	16	1,000	1,000	1,000	1,000
	17	0,000	0,000	0,000	0,000
	18	0,000	0,000	0,000	0,000
	19	0,000	0,000	0,000	0,000
	20	1,000	1,000	1,000	1,000

11	1	0,000	0,000	0,000	0,000
	2	0,000	0,000	0,000	0,000
	3	0,000	0,000	0,000	0,000
	4	0,000	0,000	0,000	0,000
	5	0,000	0,000	0,000	0,000
	6	0,000	0,000	0,000	0,000
	7	0,000	0,000	0,000	0,000
	8	1,000	1,000	1,000	1,000
	9	0,000	0,000	0,000	0,000
	10	0,000	0,000	0,000	0,000
	11	0,000	0,000	0,000	0,000
	12	0,000	0,000	0,000	0,000
	13	0,000	0,000	0,000	0,000
	14	0,000	0,000	0,000	0,000
	15	0,000	0,000	0,000	0,000
	16	1,000	1,000	1,000	1,000
	17	0,000	0,000	0,000	0,000
	18	0,000	0,000	0,000	0,000
	19	0,000	0,000	0,000	0,000
	20	1,000	1,000	1,000	1,000