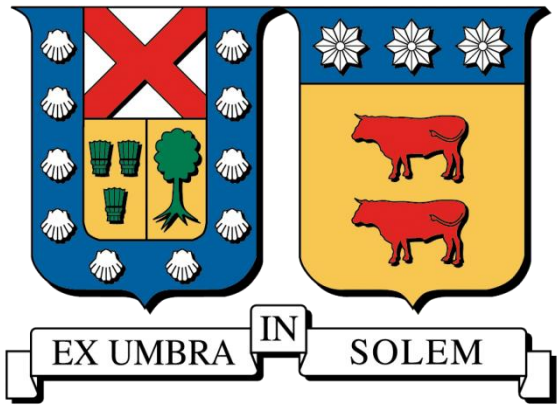
UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS



MODELO DE COMPRAS DE MATERIALES PARA LA GERENCIA DE ABASTECIMIENTO DE TECNOFAST S.A.

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

AUTOR

JORGE ANDRÉS MELILLÁN VARAS

PROFESOR GUÍA

LUIS YAÑEZ

VALPARAÍSO, 15 DE OCTUBRE, 2018.

RESUMEN EJECUTIVO

El siguiente trabajo de título presenta una herramienta de solución a la problemática de abastecimiento de la empresa TecnoFast S.A, una empresa de construcción modular con mas de 25 años en el mercado, apuntando principalmente a las edificaciones provisorias para la minería.

A lo largo de los años la empresa ha mantenido una forma de trabajo que ha ocasionado una gran acumulación de material almacenado que no tiene movimiento, excesivos gastos en compras de material y mucha pérdida o merma asociada al mal manejo del inventario. En un principio, un 35% de las existencias no tenían movimiento alguno con lo cual se demuestra el mal manejo y gestión del inventario. Aun así, no se ha logrado evitar los constantes quiebres de stock debido a las debilidades del proceso, en donde la toma de decisiones y el control está centralizado en una sola persona para la totalidad de SKUs en bodega. Es por esto que se elabora un modelo de compras de inventario utilizando el software MS Excel, de manera que se sugieran compras futuras basadas en el inventario disponible, la demanda pronosticada y las órdenes de compra pendientes.

En primer lugar, se procede a reestructurar el proceso de abastecimiento, para mejorar el control sobre las entradas y salidas de existencias y así mejorar la calidad de los datos obtenidos del sistema SAP al disminuir la desviación con los niveles de stock físico almacenados en bodega. Luego, se definen tres opciones de pronóstico de los requerimientos de material futuros para el cálculo de las compras necesarias: demanda por cubicación, ratio mensual y promedio de entregas. Finalmente, se programa el modelo para el análisis de las siguientes compras de inventario.

En definitiva, se obtuvo una base de datos de 868 códigos clasificados como STOCK y NO STOCK. Con ello se redujo la probabilidad de quiebre a un 10%, llevando un mejor control sobre la gestión de bodega y la información de las existencias almacenadas. A través de este modelo se espera un ahorro aproximado de $153.600.000 en el costo de adquisición de materiales por concepto de una mejor cotización, mayor cantidad de proveedores, y un mayor poder de

negociación. Además, la reducción de los quiebres de inventario permitirá mantener un control sobre el riesgo financiero, en cuanto a que se podrá asegurar el cumplimiento de las metas de producción y los ingresos estipulados de acuerdo al avance del proyecto.

Finalmente se concluye que con la incorporación del modelo de compras se mejora la gestión de las compras de inventario, al contar con una herramienta de utilidad para la definición de las compras futuras. Además, se facilita el proceso al poder realizar compras anticipadas con mayor tiempo de holgura y planificar las entregas con los proveedores de acuerdo a las necesidades de la fábrica.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a mi familia, los cuales han sido el pilar durante todo este trayecto. Mis padres, Jorge Melillán y María Eliana Varas, por inculcarme valores a lo largo de los años y entregarme las herramientas necesarias para cumplir mis sueños. A mi hermana, María de los Angeles Melillán, por aguantarme y apoyarme en momentos bajos, siempre con una palabra de aliento y un consejo para guiarme, así como también a su novio Paul quien ha estado ahí para una conversa sincera y objetiva. A mi madrina y segunda madre, la cual siempre ha estado para lo que necesite de manera de facilitarme las cosas, muchas gracias.

Por otro lado, a mis amigos, tanto del colegio con los cuales he compartido por mucho tiempo y siempre han estado ahí, como mis compañeros de la universidad que han echo de esta aventura una para toda la vida. Así también a la gente que he conocido este tiempo en Viña del Mar, de las cuales he aprendido mucho y en especial a los amigos que conocí durante los últimos años, con los cuales he compartido muchos momentos de risas. Mención especial a Nicolas Lorca y Marco Villalobos, mis partners durante estos años en la USM.

También a Rodrigo Abell y Matias Lecaros por darme la oportunidad de realizar este trabajo para terminar de la mejor forma posible mi época universitaria. Gracias ya que estos últimos meses aprendí muchísimo observando e intentando aportar en lo que pudiese. Además, agradecer a mi profesor guía Luis Yañes por su disposición y tiempo para resolver mis dudas.

Finalmente, esta memoria va dedicada a la persona más importante en mi formación, mi abuela María Mercedes Morales, la me ha criado y formado en lo que soy. Para ti, por todos estos años en los que me has enseñado como ser mejor persona, gracias abueli.

Arriving at one goal

is just the starting point

to another.

Universidad Técnica Federico Santa María, 2018.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 1
2. OBJETIVOS 4
2.1 OBJETIVO GENERAL 4
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 4
3. MARCO TEÓRICO 5
3.1. LA EMPRESA 5
3.1.1. GERENCIA DE ABASTECIMIENTO 6
3.1.2. EL PROCESO DE ABASTECIMIENTO 9
3.2. CLASIFICACIÓN ABC 9
3.3. NIVEL DE SERVICIO 11
3.4. ÍNDICES DE INVENTARIO 12
3.5. CLASIFICACIÓN DE COSTOS DE INVENTARIO 13
3.5.1. COSTO DE ADQUISICIÓN 13
3.5.2. COSTO DE MANEJO DE INVENTARIO 14
3.5.3. COSTOS DE PEDIDO 16
3.5.4. COSTOS POR FALTA DE EXISTENCIAS 16
3.5.5. EQUILIBRIO DE COSTOS 17
3.6. LEAD TIME LOGÍSTICO 18
3.7. PRONÓSTICO DE DEMANDA 19
3.8. MODELOS DE PRONÓSTICO 21
3.8.1. PROMEDIOS MÓVILES 21
3.8.2. SUAVIZAMIENTO EXPONENCIAL SIMPLE 22
3.8.3. SUAVIZAMIENTO EXPONENCIAL DE HOLT 23
3.8.4. SUAVIZAMIENTO EXPONENCIAL DE HOLT-WINTERS 23
3.8.5. MÉTODO DE CROSTON 24
3.8.6. MODELO ARIMA 25
3.8.7. EVALUACIÓN DEL PRONÓSTICO 27
3.9. TIPOS DE INVENTARIO 29
3.9.1. INVENTARIO CÍCLICO 31
3.9.2. INVENTARIO EN TRÁNSITO 32
3.9.3. INVENTARIO DE SEGURIDAD 32

3.9.4. INVENTARIO ESPECULATIVO 32
3.9.5. INVENTARIO ESTACIONAL 33
3.9.6. INVENTARIO OBSOLETO 33
3.10. CÁLCULO DE INVENTARIOS DE SEGURIDAD (IS) 34
3.11. PUNTO DE REORDEN (R) 35
3.12. SISTEMAS DE INVENTARIO 36
3.12.1. SISTEMA (R, Q) 36
3.12.2. SISTEMAS (R, S) 37
3.12.3. SISTEMAS (t, S) 37
3.12.4. SISTEMAS (t, R, S) 37
4. METODOLOGÍA 38
4.1. EXTRACCIÓN DE DATOS 38
4.2. DEFICIENCIAS EN EL PROCESO 39
4.3. SITUACIÓN INICIAL DE SKUs 42
4.4. ELECCIÓN DE CÓDIGOS DE INTERÉS 46
4.4.1. SALIDAS DE BODEGA 46
4.4.2. CUBICACIONES 47
4.4.3. JUICIO DE EXPERTOS 48
4.5. CLASIFICACIÓN DE CÓDIGOS 49
4.6. ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA FUTURA 52
4.6.1. CÁLCULO POR CUBICACIÓN 52
4.6.2. RATIO MENSUAL 55
4.6.3. PROMEDIO ENTREGAS 2018 56
4.7. SALDO ORDEN DE COMPRA 57
4.8. CÁLCULO DE LA COMPRA 58
4.9. PROYECCIÓN DE QUIEBRE 61
5. RESULTADOS 65
5.1. SIMULACIÓN DE COMPRA 65
5.2. ANÁLISIS DE LA MEJORA 68
5.2.1. ANÁLISIS CUANTITATIVO 74
6. CONCLUSIONES 79
5.2. RECOMENDACIONES 80

7. ANEXOS 82
8. REFERENCIAS 91

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La cadena de suministro o “supply chain” hoy en día es una de las grandes preocupaciones de las empresas y su logística. En específico, la gestión de la bodega se torna un punto relevante al momento de reducir los costos operacionales de la empresa, generando ventajas competitivas al incrementar la productividad. Para generar esta ventaja competitiva es necesario comprender la cadena de suministros y logística (Chase et al., 2003). Es más, las empresas pueden recaer en pérdidas o fracasos producto de la inadecuada administración de la cadena de suministro.

Dentro de los temas relevantes de la cadena de suministro se encuentra la administración y manejo de las existencias. La gestión de stock o inventario influye significativamente en los resultados operacionales de las empresas, aumentando significativamente las utilidades obtenidas si se tiene un manejo óptimo del inventario adquirido. Esto dado a que la logística gira en torno a crear valor para los clientes y proveedores de la empresa, y para los accionistas de la empresa (Ballou, 2004). Por lo tanto, una de las principales preocupaciones a los que se enfrentan los administradores, gerentes y analistas de logística es la administración del inventario.

La gestión del inventario toma gran relevancia en industrias multiproducto como es el caso de la construcción. Al requerir gran cantidad de productos distintos para la construcción, el manejo adecuado del material a utilizar es vital para controlar las entregas y uso del material adquirido para las edificaciones. De acuerdo a la Cámara Chilena de la Construcción (CChC, 2017), la venta de viviendas e inmuebles ha registrado incrementos sostenidos durante los últimos años, situación similar al periodo anterior a la crisis subprime, lo cual genera un gran atractivo por la industria y por el potencial de generar grandes utilidades en donde la gestión del stock de material permite obtener mayores ganancias por el proyecto. Una rama de negocio asociada a esta industria es la de

la ingeniería de construcción modular, negocio el cual la empresa TecnoFast S.A lidera en el mercado chileno.

TecnoFast S.A produce construcciones modulares de diferente índole, desde proyectos de edificios de dormitorio hasta salas de venta, todo en formato móvil. Es decir, la empresa fabrica en planta módulos que posteriormente se montan en terreno de acuerdo a las características de cada proyecto, pudiendo ser de diferentes líneas de negocio tales como campamentos para mineras, casas, hoteles, baños, oficinas, entre otros. Esta variedad de producto implica una gran cantidad de diversos tipos de materiales de construcción y equipamiento para los distintos tipos de módulos. Por ejemplo, actualmente TecnoFast está en medio de la construcción y montaje de un proyecto habitacional del campamento Pérez Caldera para el conglomerado Angloamerican, el cual consta de ocho edificios de dormitorios de seis pisos cada uno, los cuales serán los más altos de Sudamérica construidos en base a madera y que culminará su segunda etapa en 2019 (TecnoFast, 2018). Para ello, la logística de la empresa tiene un rol importante al adquirir, almacenar y distribuir gran cantidad de material y equipamiento de manera de optimizar el uso del material de este y otros proyectos a lo largo del país. En este sentido, el control del inventario por parte de la Gerencia de Abastecimiento tiene como objetivo reducir el costo asociado en materiales de obra para proyectos y sucursales, y así generar valor para la empresa.

La gran problemática de abastecimiento en la empresa será entonces establecer una política de inventario que logre cubrir la demanda de material de las áreas productivas para cumplir con los tiempos de fabricación, montaje y el presupuesto acordado para el proyecto. Surgen de esta forma las clásicas interrogantes de la logística moderna, ¿cuánto debo comprar para cumplir con la demanda? Más aún, ¿cuándo debo realizar estas compras? De esta manera se busca cumplir con un nivel de servicio aceptable para el cliente o en este caso las áreas productivas de Tecnofast, ya

sea en planta o para montaje en terreno de los módulos. Es decir, cumplir con los pedidos de material en tiempo y cantidad para así evitar parar la producción o incurrir en costos adicionales producto de la falta de material.

Pareciera ser que la solución a esta problemática es trivial y simplemente la empresa se debe abastecer de la totalidad del material del proyecto para así evitar caer en un quiebre de stock. Sin embargo, esta solución ideal al problema en la práctica no resulta factible debido a que las empresas tienen recursos y espacios limitados. En otras palabras, debemos tener claro ¿cuánto stock podemos almacenar en nuestra bodega dado el espacio disponible? Esto supone una nueva restricción al problema de inventario debido a la capacidad de almacenamiento finita de la bodega. Por otro lado, en particular en el rubro de la construcción se utiliza una gran variedad de productos, como en el caso de TecnoFast con más de 5.000 códigos de productos utilizados. Para esta gran cantidad de productos, ¿qué productos en particular debemos mantener en stock y en qué cantidad? En definitiva, ¿cómo hago frente a la demanda de material sin la necesidad de sobre copar la bodega? La logística moderna pretender responder estas preguntas teniendo en cuenta las características propias de cada empresa y cada industria en particular.

A través de este estudio se busca resolver la problemática actual de la empresa TecnoFast al generar un modelo de compras que permitan programar las adquisiciones y así atender a los pedidos de material para la producción al mínimo costo posible. Con ello, el objetivo de este trabajo será lograr disminuir los quiebres de stock al establecer los tiempos y cantidades a comprar para que el material esté disponible para los proyectos en curso.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Establecer un modelo de compras de reposición de inventario que permita mantener niveles de inventario necesarios para hacer frente a los requerimientos de material, y así reducir la probabilidad de quiebre de stock.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar el proceso actual de gestión de inventario del área de abastecimiento para determinar las deficiencias en la política de compras.
- Clasificar los productos según su valorización, utilizando el método de clasificación ABC.
- Determinar los ítems críticos dentro del inventario de acuerdo a su rotación, tiempo de permanencia en el almacén y familia de producto.
- Evaluar medidas de ajuste para el pronóstico de la demanda de materiales para generar compras anticipadas que cubran los pedidos de material futuros.
- Generar un modelo de compras que reduzca la probabilidad de quiebre de stock de materiales y evaluar los costos y beneficios de su implementación.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. LA EMPRESA

La industria de la construcción modular en Chile ha satisfecho la necesidad de soluciones de construcción de tipo modular desde hace 25 años, momento en que se le daba poca importancia al rubro. En aquel tiempo la industria se abocaba principalmente al mercado de las construcciones provisorias en las faenas mineras. Hoy en día la industria se ha ampliado a la explotación del rubro en distintos mercados, ya sea hoteles, hospitales, viviendas, construcción de colegios y proyectos mineros a largo plazo. La empresa líder del rubro en la industria chilena es TecnoFast, la cual cuenta con una variada gama de productos modulares, desde camarines hasta salas de ventas y viviendas.

La propiedad de la empresa se divide principalmente en dos grupos, TF inversiones de propiedad de Cristián Goldberg Valenzuela, presidente de la compañía, y el grupo económico Inder, liderados por José Luis del Río Goudie junto a sus hermanos Bárbara, Ignacio y Sebastián del Río. TF inversiones tiene el 60% de la propiedad de la sociedad, luego de que a finales del 2012 Grupo Inder adquiriera el 40% de la propiedad de la empresa. Con ello, el directorio de TecnoFAST queda conformado de la siguiente manera:

- Cristían Goldberg Valenzuela, Presidente de TecnoFAST
- Raimundo Carvallo, Director
- José Luis del Río Goudie, Director
- Juan José del Río, Director
- Cristián Concha Soffia, Director

En la actualidad, los esfuerzos de TecnoFast están enfocado en dos grandes proyectos habitacionales mineros, campamento habitacional Los Bronces – Perez Caldera y el proyecto

habitacional de Minera Spence propiedad de BHP Billiton. Es por esto la gran importancia de la cadena de abastecimiento para la empresa, puesto a que se debe abastecer del material de construcción necesario para cumplir con los plazos de fabricación y montaje en terreno estipulados de cada proyecto. Por lo tanto, la Gerencia de Abastecimiento tiene como objetivo principal mantener una disponibilidad de material suficiente para responder a los pedidos de material diarios de acuerdo a los cronogramas de fabricación de la planta. Sin embargo, la inexactitud de las cubicaciones de material de los proyectos dificulta estimar la demanda de material para poder anticipar las órdenes de compra a los proveedores. Es más, muchas veces la fabricación de los módulos parte antes de conocer el alcance y la ingeniería de detalles final para los proyectos, por lo cual no se conoce realmente la cantidad final de material a utilizar durante la producción.

Por otro lado, la empresa maneja un variado inventario de materiales los cuales abarcan desde fijaciones como tornillos, pernos, clavos de diferentes medidas hasta materiales volumétricos como el revestimiento, paneles, puertas, ventanas, vigas y pilares de madera. Esta gran cantidad de distintos SKU, "stock keeping unit", genera un problema tanto al momento de almacenar y ordenar una bodega con capacidad de espacio limitado, como al hacer seguimiento a los niveles de stock diarios de manera de generar las compras antes del quiebre puesto a que no mientras se revisan algunos materiales otros están siendo consumidos de la bodega en simultaneo.

3.1.1. GERENCIA DE ABASTECIMIENTO

La gerencia de abastecimiento de TecnoFast se encarga de todo el proceso de gestión de materiales para cada unidad de negocio, ya sea para proyectos, producción, montaje, o abastecimiento de las sucursales a lo largo del país. En concreto, los esfuerzos del área están enfocados en las siguientes tareas:

- Atender los pedidos de material, insumos, herramientas y equipamiento de las distintas áreas de la compañía a nivel nacional.
- Gestión de compras de material, insumos, herramientas y equipamiento, tanto para las distintas plantas productivas, como para el montaje en terreno de los proyectos.
- Almacenamiento y manejo de existencias en las distintas bodegas a lo largo del país.
- Preparación y consolidación de pedidos de cliente para abastecer la producción de módulos en fabricación.
- Distribución y transporte de materiales de construcción a las distintas locaciones de TecnoFast, así como también a los proyectos en faena.
- Administración de los costos y gastos asociados al manejo, utilización y almacenamiento de inventario adquirido por la empresa.

Para lograr estos objetivos, el área se subdivide en departamentos funcionales que forman parte del proceso de abastecimiento. Por lo tanto, es importante comprender que cada departamento realiza funciones individuales dentro del proceso general que deben coordinarse con los demás departamentos del área para ofrecer un buen servicio, generando sinergias en la coordinación de las tareas. Los departamentos dentro del área de abastecimiento son: departamento de compras, bodega y control de inventario, logística y distribución, y seguridad y servicios, los cuales se describen a continuación.

- **Compras:** este departamento se encarga de las cotizaciones y adquisiciones de materiales, insumos, equipamiento y elementos de protección personal (EPP) para abastecer a las áreas productivas y administrativas de la empresa. El departamento de compras recibe las solicitudes de compra o pedidos de materiales para así activar el proceso de compra para

completar la entrega del pedido, generando así una orden de compra (OC) por los artículos requeridos de los proveedores.

- **Bodega y control de inventario:** el objetivo de la bodega de TecnoFast es atender los pedidos de material (PMs) generados por las áreas productivas. Este proceso contempla el manejo del inventario disponible, así como también el control de los niveles de inventario almacenado, de manera que en todo momento exista disponibilidad de material para producción. Por lo tanto, al recibir un PM, la bodega debe verificar la disponibilidad del artículo, preparar el material y luego entregar el pedido completo en el menor tiempo posible, o en su defecto, solicitar la compra de algún material que no se encuentre disponible.
- **Logística y distribución:** el departamento de logística y distribución se encarga principalmente de los pedidos de material enviados a sucursales y terreno, que requieran ser despachados desde la planta. Por lo tanto, la función de este es coordinar la preparación del pedido, ya sea de sucursal o montaje en terreno, con la bodega para luego ser despachado al lugar de la solicitud. En estas funciones se generan ahorros de costos por la consolidación de la carga de manera de enviar el material solicitado a un menor costo de transporte.
- **Seguridad y servicios:** el departamento de seguridad y servicios se encarga de la gestión de todos los servicios utilizados en la planta productiva, así como también de la coordinación del servicio de seguridad y la seguridad en las actividades diarias realizadas. En ese sentido también tiene a cargo la delimitación de las zonas dentro de la planta para que los trabajos se realicen de forma segura y correcta para evitar que ocurran accidentes

laborales durante la operación de la planta, así como también coordinar las mantenciones de los equipos para que funcionen adecuadamente.

3.1.2. EL PROCESO DE ABASTECIMIENTO

En definitiva, el control de inventario de la bodega de TecnoFast es un proceso complejo dado las características multiproducto del negocio y la variabilidad en la demanda de material, puesto a que el área de producción genera pedidos de material de acuerdo a las necesidades y la etapa del proceso de fabricación en la cual se encuentre el módulo. Además, actualmente las alertas de niveles bajos de stock las hacen los mismos encargados de la bodega, los cuales también deben atender a los pedidos que llegan en el día por lo cual muchas veces solo se da alerta de compra una vez que ya no quedan unidades y por lo tanto se tendrá que esperar a que llegue el requerimiento desde el proveedor. El tener tanta variedad de producto implica a su vez que se tiene una gran cantidad de proveedores, los cuales tienen distintos tiempos de respuesta ante las solicitudes de compra dependiendo del material requerido y la cantidad de unidades requeridas. En concreto, TecnoFast se abastece de material tanto con proveedores nacionales como en el exterior por lo cual los tiempos de llegada de material a planta son variables dependiendo de cómo se despache el producto, ya sea por tierra o carga de importación.

Para comprender mejor las características de la gestión del inventario será necesario explicar los conceptos clásicos de la literatura con respecto a la cadena de suministros.

3.2. CLASIFICACIÓN ABC

En el siglo XIX, Villefredo Pareto descubrió que el 20% de la población controlaba el 80% de la riqueza, a través de un estudio sobre la distribución de la riqueza en Milán. Posteriormente esta lógica, conocida como el principio de Pareto, se extendió hacia distintas situaciones

incluyendo la administración de inventario. Debido a que los sistemas de inventario en su mayoría abarcan una gran cantidad de productos, no resulta práctico tratar a todos los productos de la misma manera y para evitar este problema se establece una clasificación ABC. Este esquema divide el inventario en tres grupos de acuerdo a su volumen de costo. La categoría A constituye el 15% del total de productos que acumulan el 80% del valor total del inventario. La categoría B abarca el siguiente 35% de los productos más altos que acumula el 15% del valor total, mientras que la categoría C generalmente representa el 50% de los productos con menos valor que acumulan solo el 5% del costo total del inventario (Chase et al., 2003). Con esta clasificación se podrá poner más atención en el control sobre los productos clase A dado a su alto valor dentro del inventario.

Aun así, es común que los registros del inventario difieran del conteo físico real debido a distintas razones. Por ejemplo, una salida de bodega que se haga deprisa y no se registre, o que las unidades queden mal posicionadas y no se encuentren sino hasta pasado mucho tiempo. Sin embargo, las empresas deben entender la importancia de la precisión del inventario puesto a que representa la disponibilidad real para responder a los pedidos. Es por esto que las empresas utilizan el concepto de conteo de ciclos. El conteo de ciclos es una técnica en la que el inventario se cuenta con frecuencia en lugar de solo un par de veces al año. La efectividad del conteo cíclico vendrá dada entonces por la programación de qué productos se va a contar, en qué momento y por quién. La clasificación ABC tiene una gran importancia dentro del conteo cíclico, puesto a que se contarán con mayor frecuencia los productos tipo A dado a que representan el mayor costo y criticidad dentro del inventario.

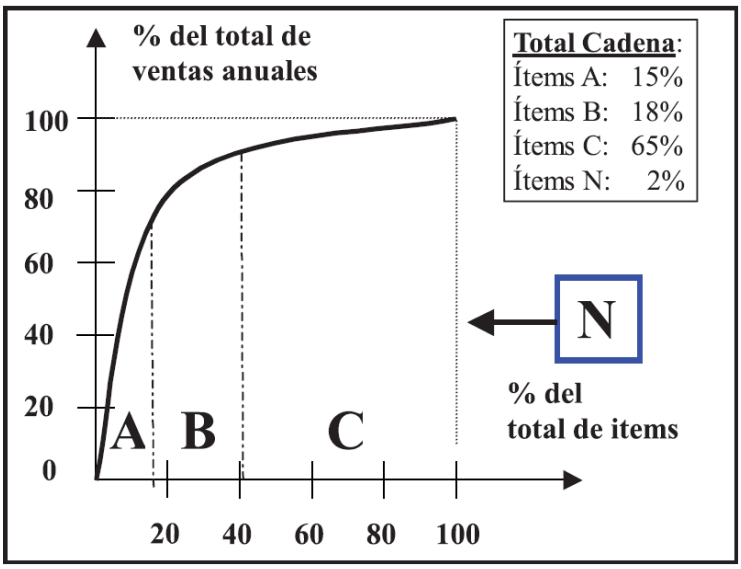


Figura 1. Ejemplo Clasificación ABC (Fuente: Vidal, 2005).

3.3. NIVEL DE SERVICIO

El propósito central para la logística de abastecimiento es asegurar la disponibilidad de producto en el momento que se requiera y en las cantidades requeridas. En ese sentido, el concepto de nivel de servicio se refiere a la probabilidad de cumplimiento a partir del stock actual (Ballou, 2004). Esta probabilidad o tasa de surtimiento de un artículo se define como:

$$Nivel\ de\ servicio = 1 - \frac{Número\ de\ unidades\ agotadas\ anualmente}{Demanda\ anual\ total}$$

El nivel de servicio toma valores entre 0 y 1, lo cual se interpreta que para un nivel de servicio de un α%, el almacén logra cumplir con un α porciento de los pedidos. Generalmente el nivel de servicio objetivo está establecido con anterioridad de acuerdo a la cantidad de veces que no se pueda cumplir con los pedidos que se esté dispuesto a permitir, por lo que la tarea será controlar el número esperado de unidades agotadas o faltantes.

La complejidad del nivel de servicio se presenta cuando se solicita más de un artículo a la vez puesto a que la probabilidad de surtir un pedido con varios productos en general será menor a la probabilidad de un solo artículo. En este caso el nivel de servicio se expresa como una tasa ponderada de surtido promedio (TPSP), la cual se calcula al multiplicar la frecuencia con la cual cada combinación de productos es solicitada en un pedido por la probabilidad de cumplir con el pedido completo. En el caso de que la administración establezca una tasa objetiva, la tarea de la logística será ajustar los niveles de servicio individuales para alcanzar la TPSP determinada. (Ballou, 2004).

3.4. ÍNDICES DE INVENTARIO

La eficiencia de los sistemas de inventario se debe revisar periódicamente para evaluar el desempeño de la política actual y generar los ajustes que sean necesarios para cumplir con los requerimientos de demanda. Una de las medidas más populares para evaluar el desempeño de la gestión de inventarios de la empresa es el índice de rotación.

$$Índice\ de\ rotación = \frac{Ventas\ anuales\ a\ costo\ de\ inventario\ en\ el\ periodo}{Inventario\ promedio\ durante\ el\ periodo}$$

$$Inventario\ promedio = \frac{Stock\ inicial + Stock\ final}{2}$$

La rotación de inventarios establece la relación entre las ventas y el inventario promedio durante un periodo para determinar el desempeño de la política de inventarios, sin embargo, se recomienda utilizar este índice en forma agregada con otros factores de la gestión del periodo para la toma de decisiones y no de manera aislada. Tomar este índice como única forma de evaluar la gestión del periodo puede llevar a resultados erróneos dado a que se controlaría una relación directa entre las ventas y el inventario promedio, cuando el objetivo de la logística debiese ser tener una

tasa marginal decreciente de inventario almacenado para responder a los requerimientos de los clientes. Con este índice podemos calcular el tiempo de cobertura con el stock actual que se tiene para atender los pedidos de los clientes.

$$Cobertura = \frac{365\ [días]}{Índice\ de\ rotación}$$

La cobertura de un producto puede ser de utilidad para sistemas de inventario que apunten a la metodología justo a tiempo (JIT), puesto a que la empresa deberá poder mantener suficientes existencias para atender los pedidos nuevos y generar las compras necesarios para reabastecerse a tiempo antes de que se produzca un quiebre de stock.

3.5. CLASIFICACIÓN DE COSTOS DE INVENTARIO

Antes de poder determinar una política de inventarios adecuada para una empresa de acuerdo a sus características propias, será necesario definir ciertos costos asociados a la administración de inventario. Los costos de inventario en la logística moderna se pueden clasificar en cuatro clases: costo de adquisición, costo de manejo de inventario, costo de ordenamiento, y costo por falta de existencias. A continuación, se describen los costos de inventario más relevantes dentro de los modelos de gestión de inventario.

3.5.1. COSTO DE ADQUISICIÓN

El costo de adquisición es el valor unitario de cada ítem expresado en cantidad de dinero por unidad de producto pertinente ($/unidad), ya sean litros, metros cúbicos, unidades físicas, toneladas, etc. Este costo del artículo será distinto para un distribuidor que para un productor. Para un distribuidor el costo corresponde al precio del artículo adquirido para su posterior venta más

los costos asociados a la compra como son los costos variables y los costos de transporte, incluso puede comprender los descuentos por cantidad (Vidal, 2005).

3.5.2. COSTO DE MANEJO DE INVENTARIO

El costo de llevar o mantener el inventario incluye aquellos costos que son proporcionales al volumen promedio de inventario almacenado. En consecuencia, el costo de manejo de inventario comprende: costos de almacenamiento y manejo, costo del espacio utilizado, costos de capital de la bodega y los costos de riesgos asociados al inventario. Estos últimos costos abarcan los costos de obsolescencia, costos por daños y los seguros e impuestos adquiridos (Vidal, 2005).

Los costos de almacenamiento se refieren a los costos de operar la bodega, de acuerdo a la mano de obra utilizada en las actividades de bodega como la recepción, almacenamiento, inspección, recolección y despacho de producto. En el caso de que las actividades de operar la bodega sean externalizadas, este costo podría tomarse como parte del costo global del espacio arrendado o podría ser independiente y considerarse como costo de almacenamiento.

Los costos del espacio utilizado representan el uso del volumen al interior de la bodega. Si la bodega es pública o arrendada, estos costos se dividen en los costos proporcionales al flujo dentro de la bodega (throughput) y los costos proporcionales al nivel de inventario promedio mantenido, por lo tanto, sólo estos últimos deben considerarse dentro del cálculo del costo de llevar y mantener inventario, mientras que los primeros deben considerarse dentro de los costos de pedido. Por otro lado, si la empresa posee una bodega propia, generalmente los costos proporcionales al nivel de inventario son despreciables y sólo se considerarán los costos de generar pedidos y flujo de inventario.

El costo de capital o costo de oportunidad del inventario se refiere a la posible pérdida de inversión que la empresa podría tener en otras actividades que le generen retornos. Según Ballou

(2004), estos costos representan más del 80% del costo total de inventario, aunque este es el más intangible y subjetivo de todos los componentes del costo de manejo de inventario. Existen diversas maneras de calcular este costo de capital, que van desde las tasas de interés del mercado, hasta los costos de oportunidad del capital, el cual puede ser representado como el promedio de las tasas mínimas de retorno de la empresa o en las inversiones más rentables a las que la empresa puede tener acceso (Vidal, 2005). La Londe y Lambert (1977), sugieren que se utilice la tasa de superación para reflejar el costo de capital. La tasa de superación se refiere a la tasa de rendimiento de las inversiones más lucrativas que la empresa no acepta por el hecho de llevar inventario.

Los costos de riesgo representan los costos de obsolescencia, deterioro y depreciación del inventario. Durante el mantenimiento del inventario, ciertos productos podrán contaminarse, dañarse, deteriorarse, ser robados, o podrán estar inservibles y por lo tanto no disponibles para su venta. Los costos relacionados a estos productos pueden estimarse como pérdida directa del valor del producto, como el costo de volver a trabajar el producto, o como el costo de suministrarlo nuevamente desde otro lugar (Ballou, 2004).

Por último, se deben tener en cuenta los seguros e impuestos como parte de los costos de mantenimiento de inventario. Esto debido a que los seguros e impuestos varían directamente con el nivel de inventario disponible. Los seguros en los inventarios se utilizan por las empresas para cobertura frente a pérdidas por incendios, tormentas o robos. Los impuestos de inventario son cargos a los niveles de inventario disponible en el día del cálculo del inventario, por lo cual puede variar dependiendo de la cantidad de existencias en bodega al momento del conteo. Cabe destacar que los impuestos de inventario sólo reflejan el costo del nivel promedio de inventario que se tiene durante el año fiscal y que depende directamente de la tasa de impuesto vigente para la región. Sin

embargo, en general, los costos por impuesto representan un pequeño porcentaje del costo total de manejo de inventario (Ballou, 2004).

3.5.3. COSTOS DE PEDIDO

Al generar una orden de reabastecimiento se tienen varios costos asociados que, en general, son fijos y no dependen del tamaño de esta. Estos costos corresponden al procesamiento, transmisión, manejo y compra de la orden. Este costo incluye los costos de preparación del pedido, asociado al personal necesario para atender el pedido los cuales pueden ser incrementales o marginales dependiendo del tamaño del pedido puesto a que se puede requerir de personal adicional de acuerdo al tamaño de la orden. En definitiva, el costo de ordenamiento o de preparación de pedido se compone de todos los costos adicionales asociados a la atención de un pedido de cliente, es decir, de la operación misma de las actividades de bodega.

3.5.4. COSTOS POR FALTA DE EXISTENCIAS

Las empresas recaen en costos por falta de existencias al momento que se genera un pedido y no se tiene disponibilidad de producto abastecer desde el inventario. Existen dos tipos de costos por faltantes: los costos por ventas perdidas y los costos por pedidos atrasados. Estos costos resultan difíciles de medir debido a su intangibilidad y a que se debe asumir ciertas respuestas de los clientes ante la baja disponibilidad de producto.

Los costos por ventas perdidas se generan cuando el cliente decide cancelar su pedido de producto debido a la falta de stock disponible. El costo resultante de esta situación es el beneficio o utilidad que se hubiese obtenido al responder al pedido del cliente. Además, este costo incluye el efecto negativo de esta venta perdida sobre las ventas futuras, es decir, las pérdidas futuras que pudiese producir la mala imagen o el descontento de los clientes a partir de la falta de stock. Este

efecto se observa más concretamente en mercados de productos sustitutos en donde los clientes irán a comprar a la competencia si es que no se tiene disponibilidad de producto.

En el caso de que el cliente decida esperar a que su pedido sea surtido, se genera un costo de pedido atrasado puesto a que la venta no se pierde, simplemente está retrasada. En estos casos se pueden generar costos adicionales de personal y manejo de existencias para poder responder al pedido, así como también costos extras de transporte cuando se requiera recurrir a otros medios de transporte para agilizar la entrega. Además, estos costos también pueden generar un descontento en los clientes por lo cual la logística de la empresa debe responder con rapidez para no retrasar demasiado la entrega del producto al cliente (Ballou, 2004).

3.5.5. EQUILIBRIO DE COSTOS

En definitiva, el costo total (C_T) por concepto de inventario será la suma de los costos individuales: costo de adquisición (C_a), costo de manejo de inventario (H), costo de pedido (S) y costo por faltantes (C_f).

$$C_T = C_a + H + S + C_f$$

Luego, la función de costos totales es una función convexa y por ende tiene un mínimo. El objetivo de la logística será encontrar la cantidad de pedido óptima que minimice los costos totales de inventario, o en su defecto aproximarse a este mínimo.

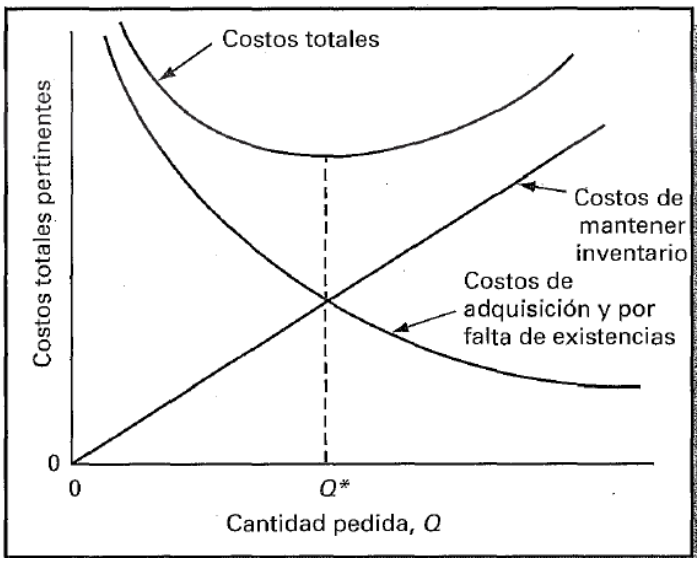


Figura 2. Equilibrio de costos de inventario (Fuente: Ballou, 2004).

3.6. LEAD TIME LOGÍSTICO

El lead time o tiempo de reposición es el tiempo que transcurre desde que se genera una orden de compra o de producción y el instante en que los artículos están disponibles en bodega para ser demandados por el cliente (Vidal, 2005). Este factor es fundamental para la programación adecuada de la reposición de productos puesto a que durante este tiempo de llegada del stock adquirido se pueden producir quiebres de stock dado a que el reabastecimiento del inventario no ha llegado a la bodega.

En el caso de TecnoFast, debido a la variedad de materiales utilizados, se tiene una gran cantidad de proveedores con diferentes tiempos de respuesta asociados. Estos tiempos son de mayor preocupación en el caso de los proveedores extranjeros, dado que el tiempo de respuesta de los proveedores americanos es de por lo menos 15 días y en el caso de los proveedores europeos y asiáticos es de alrededor de 45 días desde que se genera la orden. Por lo tanto, retrasos en los tiempos de entrega de los productos tanto nacionales como importados pueden causar una

paralización en las actividades de producción de los módulos dependiendo de la criticidad del material y su función.

3.7. PRONÓSTICO DE DEMANDA

La estimación de la demanda es fundamental para establecer los tiempos de reaprovisionamiento de material. El objetivo será poder anticiparse a los pedidos de los clientes y así tener una cantidad de existencias adecuadas para satisfacer las necesidades. Para ello, es necesario caracterizar la demanda de los clientes para tomar decisiones adecuadas sobre la forma de estimar la demanda futura.

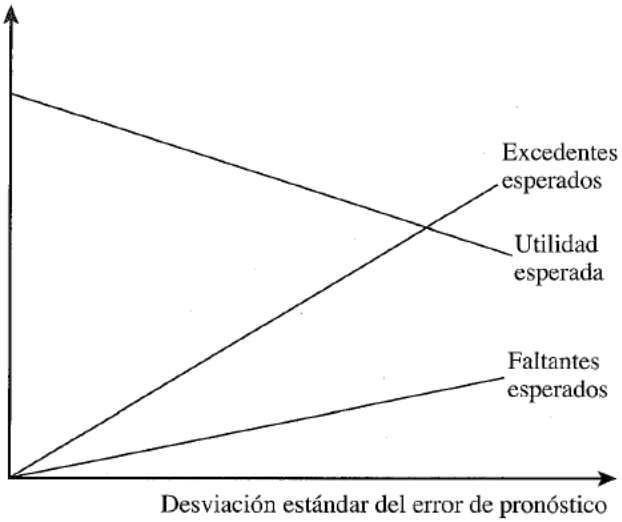


Figura 3. Gráfico de gestión de inventario debido al error del pronóstico de demanda. (Fuente: Chopra y Meindl, 2007).

En primer lugar, será necesario establecer si se trabaja con una demanda independiente o dependiente. Para el caso de TecnoFast, la demanda de material puede tomarse como una demanda independiente si se trabaja a nivel desagregado por ítem individual que se requiere para la fabricación de módulos. Sin embargo, esta demanda también podría trabajarse como una demanda

dependiente de la cantidad de módulos a fabricar en los proyectos dado a que para cada módulo se necesitaran cierta cantidad de materiales para la producción.

Luego, es necesario tener en cuenta los componentes de la demanda para una estimación adecuada, los cuales son: la componente de tendencia, la componente estacional, la componente cíclica y la componente aleatoria.

La *tendencia* se refiere al patrón en el cual el promedio de la demanda varía significativamente con la demanda a través del tiempo. La *estacionalidad* es la componente de la demanda que ocurre cuando se espera un comportamiento determinado en cierto periodo de tiempo, el cual generalmente se repite en cierta época del año. La componente *cíclica* de la demanda se refiere al patrón que se repite a lo largo del tiempo. Por último, la componente *aleatoria* o *demanda errática* ocurre cuando se presentan grandes variaciones a lo largo del tiempo, que en general son difíciles de predecir (Vidal, 2005).

Finalmente, se debe realizar la estimación o pronóstico de la demanda futura a través del modelo de pronóstico que genere el mejor ajuste. Los modelos clásicos de pronóstico de demanda permiten a las empresas estimar la necesidad de existencias que deberán atender, de los cuales se debe elegir el mejor ajuste mediante algún indicador adecuado. Sin embargo, Vidal (2005) afirma que debe tenerse en cuenta que los pronósticos de demanda siempre están errados, dado que se intenta anticipar lo que ocurrirá a futuro. Es por esto que el éxito del sistema de gestión de inventario de la empresa se explicará en la manera de que la empresa pueda comprender el error de pronóstico y responder a ello mediante el uso de inventarios de seguridad.

3.8. MODELOS DE PRONÓSTICO

Existen diferentes modelos para pronosticar la demanda de acuerdo con la información que se cuenta. En el caso de los productos nuevos, la carencia de data histórica obliga a estimar la demanda a través de técnicas cualitativas. Dentro de las técnicas cualitativas están la investigación de mercados, los grupos de consenso, la analogía histórica para replicar el comportamiento de la demanda desde un producto similar, y el método Delfos. Este último oculta la identidad de los individuos que participan del estudio, donde todos los participantes tienen el mismo peso y las respuestas de la encuesta se suman y se refinan y se vuelven a redistribuir entre los participantes para un mejor resultado del pronóstico (Chase, 2003). Sin embargo, un pronóstico mejor fundamentado se obtiene a través de técnicas cuantitativas sobre datos históricos de demanda que analizan el comportamiento pasado para estimar la demanda futura como por ejemplo series de tiempo. A continuación, se presentan algunos modelos de pronóstico de series de tiempo.

3.8.1. PROMEDIOS MÓVILES

Uno de los modelos más simples de pronóstico, pero no por ello menos útil, es el promedio móvil. El promedio móvil es adecuado para patrones de demanda estables o perpetuos, con poca o ninguna tendencia (Vidal, 2005). Este modelo utiliza como estimación futura el promedio de los últimos *n* datos anteriores.

$$F_t = \frac{\sum_{i=t-n}^{t-1} A_i}{n} \, , t \qquad (1)$$

Donde,

F_t = Pronóstico para el siguiente periodo.

A_t = Demanda real del en el periodo t.

n = Número de datos pasados a promediar.

Este método supone que los n datos pasados tienen el mismo peso sobre la predicción, luego, para series de tiempo en donde los datos más recientes influyan más sobre la estimación, será necesario utilizar el método de suavizamiento exponencial.

3.8.2. SUAVIZAMIENTO EXPONENCIAL SIMPLE

El suavizamiento exponencial simple es un método de pronóstico de demanda el cual pondera la magnitud entre la diferencia del pronóstico con el dato real del periodo anterior para el pronóstico del próximo periodo. Para esta ponderación se utiliza una constante de suavizamiento (α, con valores entre 0 y 1), la cual aplica con un peso de α para la última observación de demanda y con un peso de (1-α) al pronóstico anterior (Ballou, 2004). De esta manera el incremento hacia el pasado se reduce en (1-α), dándole así más importancia a los datos más recientes para el pronóstico como se aprecia en la siguiente ecuación.

$$F_t = \alpha A_t + \alpha(1-\alpha)A_{t-1} + \alpha(1-\alpha)^2 A_{t-2} + \cdots + \alpha(1-\alpha)^{n-1} A_{t-(n-1)}$$

Luego, el pronóstico del periodo siguiente se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$F_t = \alpha A_{t-1} + (1-\alpha)F_{t-1}$$

Donde,

F_t = Pronóstico de demanda en el tiempo t.

A_t = Demanda real en el tiempo t.

α = Constante de suavizamiento.

Inicialización del algoritmo: $F_2 = X_1$

3.8.3. SUAVIZAMIENTO EXPONENCIAL DE HOLT

El modelo de suavizamiento exponencial doble toma en cuenta la posible tendencia de la demanda (Vidal, 2005). Para ello se incorpora una segunda constante de suavización, β, la cual agrupa el efecto de la tendencia de la demanda.

$$S_t = \alpha A_t + (1-\alpha)(S_t + T_t)$$

$$T_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1}$$

$$F_{t+k} = S_t + kT_t$$

Donde,

F_t = Pronóstico de demanda con tendencia corregida en el tiempo t.

A_t = Demanda real en el tiempo t.

S_t = Pronóstico de demanda inicial para el periodo t.

T_t = Tendencia en el tiempo t.

α, β = Constantes de suavizamiento.

Inicialización del algoritmo: $S_1 = A_1$

3.8.4. SUAVIZAMIENTO EXPONENCIAL DE HOLT-WINTERS

El modelo de Holt-Winters es un suavizamiento exponencial de segundo orden que incorpora además la componente estacional de la demanda. Este modelo de tendencia-estacionalidad se construye alrededor del concepto de pronosticar el índice de la demanda real a la tendencia, y luego desestacionalizarla para generar el pronóstico (Ballou, 2004). Por lo tanto, las ecuaciones del modelo Holt-Winters quedan de la siguiente forma:

$$S_t = \alpha \frac{A_t}{E_{t-L}} + (1-\alpha)(S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1}$$

$$E_t = \gamma\frac{A_t}{S_t} + (1-\gamma)E_{t-L}$$

$$F_{t+k} = (S_t + kT_t)E_{t+k-L}$$

Donde,

F_t = Pronóstico de demanda con tendencia y estacionalidad en el tiempo t.

A_t = Demanda real en el tiempo t.

S_t = Pronóstico de demanda inicial para el periodo t.

T_t = Tendencia en el tiempo t.

E_t = Estacionalidad en el tiempo t.

α, β, γ = Constantes de suavizamiento

3.8.5. MÉTODO DE CROSTON

Hasta ahora solo se han descrito técnicas de pronóstico para demanda determinística, sin embargo, muchos productos presentan demandas erráticas o estocásticas. A estos ítems se les puede aplicar los modelos antes mencionados, pero su ajuste no supera al de otros métodos especialmente diseñados para este tipo de demandas (Vidal, 2005). Uno de los métodos más populares para el pronóstico de demanda probabilística es el método de Croston. Croston (1974) demostró que los arribos intermitentes de la demanda aumentan los niveles de reposición de stock y, en consecuencia, la estimación de la demanda. El método de Croston utiliza como base la suavización exponencial al separar la serie de tiempo en dos partes: una serie con valores positivos de la demanda y otra con los tiempos entre demandas consecutivas no nulas (Santa Cruz, 2017).

En la siguiente figura se presenta el algoritmo de Croston para el pronóstico de demanda intermitente, donde Y_t.

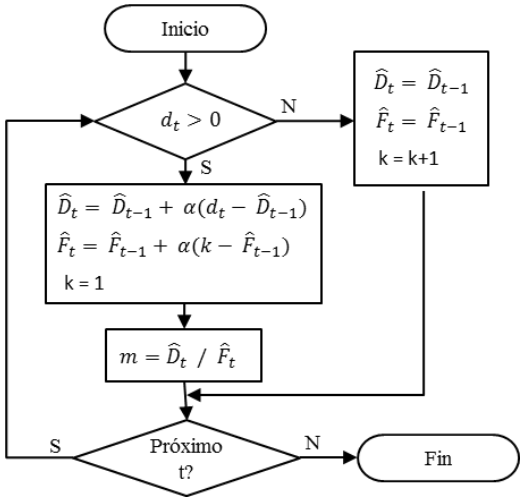


Figura 4. Algoritmo de Croston. (Fuente: Sahin, 2013)

3.8.6. MODELO ARIMA

El modelo ARIMA, o metodología Box-Jenkins, se ha convertido en uno de los métodos de pronóstico más populares en la logística de las empresas. En este modelo el pronóstico se explica por los valores pasados o rezagados y por los errores estocásticos (Gujarati, 1978). Para entender el modelo ARIMA será necesario comprender los procesos de medias móviles y autorregresivos.

Proceso de medias móviles (MA):

El proceso de madia móvil de orden q (*MA(q)*) es una combinación lineal de los términos del error de la estimación. Es decir, el pronóstico en un periodo depende de los términos de los errores del presente y pasado. Un proceso MA(q) se puede identificar al observar la función de autocorrelación (ACF) la cual decrece tendiendo a 0 para *q* rezagos del error.

$$F_t = \mu + \varepsilon_t + \alpha_1 \varepsilon_{t-1} + \alpha_2 \varepsilon_{t-2} + \cdots + \alpha_q \varepsilon_{t-q}$$

Donde μ es ruido blanco y ε_t es el error aleatorio en el tiempo t.

Proceso autorregresivo (AR):

Los procesos autorregresivos, establecen una dependencia del pronóstico sobre los valores pasados. Es decir, el valor en el tiempo t es una proporción del valor de la variable en el tiempo (t-1) más una componente aleatoria del error (Gujarati,1978). Así como los procesos MA(q) se pueden identificar a través de la función de autocorrelación, los modelos autorregresivos de orden p (*AR(p)*) pueden identificarse utilizando la función de autocorrelación parcial (PACF), la cual para valores de k>p será cercana a 0 (Montgomery, 1976).

$$F_t = \delta + \varepsilon_t + \beta_1 F_{t-1} + \beta_2 F_{t-2} + \cdots + \beta_p F_{t-p}$$

Luego, las series de tiempo pueden tener características de AR y de MA a la vez, y por lo tanto se pueden modelar como ARMA o ARIMA (Gujarati, 1978). La diferencia radica en que, dado a que la mayoría de las series de tiempo no son estacionarias, el modelo ARIMA trabaja en base a la serie diferencial estacionaria de orden d. Es decir, la serie puede que sea no estacionaria en su nivel pero que la serie en su diferencia de orden d si sea estacionaria y se pueda construir el modelo ARIMA(p,d,q) con p términos autorregresivos, d veces que la serie deba diferenciarse para ser estacionaria, y q términos de promedios móviles.

$$W_t = C + \beta_1 W_{t-1} + \beta_2 W_{t-2} + \cdots + \beta_p W_{t-p} + \varepsilon_t + \alpha_1 \varepsilon_{t-1} + \alpha_2 \varepsilon_{t-2} + \cdots + \alpha_q \varepsilon_{t-q}$$

Donde, $W_t = F_t - F_{t-d}$.

En definitiva, el objetivo principal de los pronósticos de demanda será lograr modelar de mejor manera el comportamiento real de la demanda dependiendo de las características de esta. Es por esto que se pueden utilizar distintos métodos o técnicas de pronóstico, sin embargo, de acuerdo

a las características propias de esta será más adecuado un modelo que otro. Vidal (2005) propone una guía de utilidad para la elección de un modelo adecuado de acuerdo al patrón de demanda, el cual se presenta a continuación.

Característica de la demanda	**Sistema de pronóstico recomendado**
Estable o uniforme	Promedio móvil / suavizamiento exponencial simple
Con tendencia	Suavizamiento exponencial de Holt
Estacional o periódica	Suavizamiento exponencial Holt-Winter por periodo
Demanda altamente correlacionada	Modelo ARIMA (p,d,q)
Errática o probabilística	Método de Croston

Figura 5. Método de pronóstico recomendado según patrón de demanda. (Fuente: Vidal, 2005)

3.8.7. EVALUACIÓN DEL PRONÓSTICO

Para evaluar el ajuste del pronóstico obtenido será necesario utilizar un criterio común que mida la precisión de la estimación. La precisión del pronóstico se mide en base al error de este, el cual se calcula como la diferencia entre el valor real observado y el pronóstico calculado en cada periodo (Vidal, 2005).

$$e_t = x_t - x'_t$$

Donde,

e_t = Error del pronóstico

x_t = Valor real observado en el periodo t.

x'_t = Pronóstico de demanda en el periodo t.

Luego, el error del pronóstico para un solo periodo no es de mucha utilidad, por lo tanto, se debe utilizar alguna medida del ajuste para el conjunto de periodos pronosticados, como por ejemplo el MAD, ECM o MAPE. El MAD (desviación media absoluta) es el promedio de los errores absolutos sobre un número determinado de *n* periodos.

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^{n} |x_t - x'_t|}{n}$$

El ECM (error cuadrático medio) se define como el promedio de los errores cuadráticos sobre un número determinado de *n* periodos.

$$ECM = \frac{\sum_{t=1}^{n} (x_t - x'_t)^2}{n}$$

El MAPE (desviación absoluta porcentual media) se define como el promedio del error porcentual de las observaciones sobre un número determinado de *n* periodos.

$$MAPE = \frac{100 * \sum_{t=1}^{n} \left| \frac{x_t - x'_t}{x_t} \right|}{n}$$

Otro estadístico muy utilizado para la selección de modelos de pronósticos es el coeficiente AIC, Akaike Information Criterion. Akaike (1974), definió el estadístico AIC como un estimador del ajuste a partir de la log-verosimilitud del modelo.

$$AIC = 2k - 2\log(\theta)$$

Donde,

k = Número de parámetros independientes.

θ = Estimador de máxima versomilitud.

En definitiva, el modelo de pronóstico que mejor se ajuste a la realidad será el que entregue el menor valor de la medida de ajuste utilizada.

3.9. TIPOS DE INVENTARIO

El inventario o existencias es uno de los activos más abundantes y costosos para las empresas. Una de las interrogantes más contingentes en la logística moderna es ¿por qué mantener inventario de artículos? Es evidente que el mantener inventario disponible tiene directa relación con el nivel de servicio que entrega la logística de la empresa. Por lo tanto, la falta de una correcta política de gestión de los niveles de inventario a menudo resulta en una disminución del nivel de servicio entregado puesto a que aumenta la probabilidad de que no se pueda atender a los pedidos recibidos. Lambert y Stock (1998) resaltan la importancia de mantener inventario puesto a que atienden a 5 propósitos dentro de una firma: alcanzar economías de escala, el equilibrio entre oferta y demanda, permiten la especialización en industrias de manufactura, proveer protección ante la incertidumbre en la demanda y ciclos de pedidos, y forman parte de relaciones críticas dentro del canal de distribución.

El inventario permite a las empresas alcanzar *economías de escala* en las adquisiciones, el transporte y la manufactura. Al realizar una compra de inventario de grandes cantidades las empresas aprovechan las rebajas en el precio unitario de los artículos asociadas a la negociación de descuentos por volumen. Estos volúmenes mayores de producto adquirido además permiten alcanzar economías de escala en el transporte puesto a que al consolidar una carga de mayor volumen en el transporte el costo de transporte por el traslado de una unidad de producto es menor y se necesitarán menos envíos para cubrir las necesidades de inventario. Por último, el inventario

en la manufactura o producción permite planificación a largo plazo con menos cambios en el camino, lo cual conlleva una mayor utilización de la capacidad productiva instalada y, por lo tanto, menores costos unitarios de producción.

La estacionalidad o las fluctuaciones repentinas en la demanda hacen necesaria la utilización de inventario para mantener el *equilibrio entre demanda y oferta*. Esto se observa claramente en los artículos de temporada o en periodos festivos. Mantener inventario disponible permite de esta forma tener un flujo de producción estable a lo largo del año en vez de tener que responder a la demanda en el momento que se presenta, para lo cual la capacidad productiva podría no tener suficiente rapidez para atender un pedido de gran envergadura. Por otro lado, en industrias con demanda relativamente estable pero cuya materia prima solo se produce en cierta época del año, como es el caso de las frutas, será necesario mantener guardar un stock adecuado para poder mantener la producción durante el resto del año.

Los inventarios permiten la *especialización* en la manufactura por planta de producción. Al producir excedente de producto para mantener en inventario se puede abastecer diferentes bodegas o plantas de producción para satisfacer los pedidos de cada locación. El ahorro generado por transporte y producción unitaria, en general, supera los costos extras de manejo de inventario.

Otro propósito de mantener inventario es *protegerse de la incertidumbre* para prevenir el stockout producto de la variabilidad en la demanda o en los tiempos de reabastecimiento. De esta manera las empresas se defienden ante cambios en los clientes o los proveedores que pudiesen generar problemas de falta de existencias. Además, mantener materia prima en exceso para apoyar el proceso productivo puede significar que las empresas realicen compras especulativas para anticiparse a alzas de precios o a la baja oferta de producto en el mercado. A pesar de que este exceso de producto disponible aumenta los costos asociados al nivel de inventario promedio, este

costo debe compararse con los ahorros generados o costos evitados por tener disponibilidad de producto para atender los pedidos o la producción. Por otro lado, también puede ser necesario mantener inventario de producto en proceso (WIP, work in process) o de productos terminados para prevenir quiebres de stock. En el caso de los WIP, mantener inventario de material crítico para la producción evitará que se pare la producción por la falta de existencias, mientras que mantener inventario de producto terminado va en favor de un mejor nivel de servicio entregado ya que se puede responder en mayor medida a los pedidos generados por los clientes.

Finalmente, los inventarios son útiles para *mitigar efectos negativos en las relaciones críticas* dentro de la cadena de suministro. Es decir, el mantener inventario facilita la relación entre los diferentes actores de la logística: proveedores, área de compras, distribución, marketing, producción, cliente, entre otros. Esto se debe a que dado a que estas áreas son independientes y pueden estar en diferentes locaciones y plantas, los inventarios pueden adelantarse a la comunicación entre ellas en cuanto a que se tendrá distribuido en los distintos centros de distribución un nivel de inventario para responder a los pedidos de cada área.

Luego, comprendiendo las necesidades de un nivel de inventario adecuado se pueden clasificar estos en cuanto a su función y propósito dentro de la cadena de suministro.

3.9.1. INVENTARIO CÍCLICO

El inventario cíclico es el resultado de las adquisiciones en lotes para abastecerse de producto que será vendido o usado en la producción. Este tipo de inventario es requerido para satisfacer la demanda bajo condiciones de certidumbre, es decir, cuando la firma puede predecir la demanda y los tiempos de reabastecimiento (Lambert y Stock, 1998). Las principales razones de las compras por lote e invertir en inventario cíclico son: obtener economías de escala, lograr descuentos por cantidad en costos de compra y transporte, y satisfacer restricciones tecnológicas

de producción por lotes (Vidal, 2005). Por lo tanto, la cantidad de inventario en el ciclo dependerá del volumen de producción, de las cantidades económicas del envío, las restricciones de espacio de almacenamiento, los tiempos de reaprovisionamiento, los programas de descuentos por cantidad, y los costos de manejo de inventario (Ballou, 2004).

3.9.2. INVENTARIO EN TRÁNSITO

El inventario en tránsito se refiero a los ítems que están en la ruta entre una locación y otra. Estos productos pueden ser considerados como parte del inventario cíclico, aunque no estarán disponibles para su venta o para la producción del producto final hasta que sean ingresados a la bodega de destino. Para el cálculo de los costos de manejo de inventario, el inventario en tránsito debe ser considerado como existencias en el punto de origen del traslado, puesto a que son ítems que no están disponibles aún para su uso (Lambert y Stock, 1998).

3.9.3. INVENTARIO DE SEGURIDAD

El inventario de seguridad es aquel que se conversa como protección a la variabilidad de la demanda de existencias y el tiempo total de reaprovisionamiento (Ballou, 2004). Este inventario es adicional al inventario cíclico necesario para satisfacer la demanda promedio y depende del grado de la variabilidad involucrada. Cabe destacar que el objetivo de la logística es generar pronósticos de demanda más preciso, de tal manera que se minimice el nivel de existencias de seguridad almacenadas. De hecho, si el lead time y la demanda se pudiesen predecir con total precisión, no sería necesario tener inventario de seguridad en la bodega.

3.9.4. INVENTARIO ESPECULATIVO

El inventario especulativo se refiere a existencias adquiridas por razones ajenas a la satisfacción de la demanda de los clientes (Lambert y Stock, 1998). La compra de estos artículos puede ser el obtener descuentos por cantidad aprovechando un precio determinado que se espera

aumente en el futuro cercano o a características estacionales del producto. Este tipo de compras son comunes en la industria de los commodities, como por ejemplo el cobre o el oro, ya que las empresas adquirirán estos productos en exceso si se pronostican alzas en el precio de compra.

3.9.5. INVENTARIO ESTACIONAL

El inventario estacional es una forma de inventario especulativo que se acumula antes de una temporada específica. Este inventario responde a satisfacer los peaks de demanda para los cuales sería más costoso contratar personal adicional, programar horas extras para su producción, o comprar el producto a empresas externas (Vidal, 2005). También, la restricción de capacidad de la planta productiva pueda que no alcance para satisfacer la demanda en estos periodos, por lo cual se acumulará inventario estacional durante periodos de baja demanda para luego poder responder a los pedidos en temporada alta.

3.9.6. INVENTARIO OBSOLETO

Al mantener inventario durante un periodo de tiempo parte de este se deteriora, caduca, se pierde o es robado. Este inventario se denomina inventario obsoleto, stock muerto o perdido (Ballou, 2004). Por otro lado, existen artículos que con el tiempo ya no sean demandados y no tengan rotación en la bodega, los cuales también serán considerados como obsoletos y se deberá realizar gestión sobre estos para venderlos, rematarlos o desecharlos. El objetivo de la logística sobre decisiones de inventario obsoleto deberá ir enfocado a eliminar o desprenderse de estos ítems que no generan valor para la empresa y que sólo ocupan espacio, generando un costo adicional de almacenamiento.

3.10. CÁLCULO DE INVENTARIOS DE SEGURIDAD (IS)

Los inventarios de seguridad son existencias almacenadas como protección contra las variaciones de la demanda y los tiempos de entrega de los proveedores. Chopra y Meindl (2007) afirman que el nivel apropiado del inventario de seguridad se determina por dos factores:

- Incertidumbre tanto de la demanda como de la oferta.
- El nivel deseado de disponibilidad del producto (Nivel de Servicio).

En general, conforme aumenta la incertidumbre o el nivel de servicio, aumentarán los niveles de inventario de seguridad necesarios.

En cuanto a la incertidumbre en la demanda, si se tiene en cuenta que la esta tiene un componente sistemático y otro aleatorio, la meta de la logística de la empresa es pronosticar el primero y predecir lo segundo (Chopra y Meindl, 2007). En otras palabras, la componente sistemática se maneja a través de los pronósticos de demanda y el componente aleatorio se estima como la desviación estándar del error del pronóstico. De esta forma, el inventario de seguridad almacenado responde a la protección contra la variabilidad de la demanda para mantener un nivel de servicio determinado. En este sentido, el inventario de seguridad supone una distribución normal de la demanda durante el tiempo de reabastecimiento (Chapman, 2006) y se calcula de la siguiente manera.

$$IS = Z\sigma_L = Z\sigma_D\sqrt{L}$$

Donde,

Z = Estadístico normal inverso correspondiente al nivel de servicio.

σ_L = Desviación estándar de la demanda durante el Lead Time.

σ_D = Desviación estándar de la demanda.

L = Lead Time o tiempo de reabastecimiento.

Esta forma de cálculo de los inventarios de seguridad asume que la desviación estándar de la demanda se puede calcular dada una demanda determinística. Además, hay que tener en cuenta que el cálculo del inventario de seguridad requiere de datos históricos confiables, sin embargo, muchas veces los registros del inventario son errados o no se cuenta con información suficiente. Kumar y Evers (2015) realizan un estudio de la precisión de los inventarios de seguridad para registros históricos imprecisos, estimando la varianza de la demanda cuando la calidad de la data es deficiente o la demanda está correlacionada con el lead time de reposición.

3.11. PUNTO DE REORDEN (R)

Teniendo en cuenta que el reabastecimiento de producto no es instantáneo y requiere tiempo, sin importar si proviene de la fabricación propia o de un proveedor externo, resulta evidente la necesidad de realizar un pedido de producto en un instante anterior a que se acabe el stock almacenado. Por lo tanto, el pedido de reabastecimiento se debe generar cuando aún exista una cantidad de producto en el inventario, esta cantidad se denomina Punto de Reorden y se está determinada por el nivel de inventario necesario para cubrir la demanda durante el tiempo de reabastecimiento (Chapman, 2006). De esta manera la empresa logra mantener niveles de inventario necesarios para atender los pedidos en todo momento dado a que la recepción del producto adquirido debiese llegar antes que se acaben las existencias en inventario. En general el punto de reorden se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$R = \bar{d}L + IS = \bar{d}L + Z\sigma_D\sqrt{L}$$

Donde,

$\bar{d}$ = Demanda promedio.

L = Lead time de reposición.

IS = Inventario de seguridad.

Algunos autores proponen métodos de cálculo del punto de reorden para demandas probabilísticas en el tiempo de reposición, como en el caso de Ward (1978) quien calcula el punto de reorden para una demanda con una distribución de Poisson para la llegada de pedidos. La discusión actual sobre este tema está orientada hacia un aumento en la frecuencia de pedidos de producto y menores puntos de reorden (Silver y Robb, 2007). Una política de inventario óptima establecerá un programa de pedidos adecuado para generar ordenes de reabastecimiento de producto en el instante en que el nivel de existencias caiga al nivel del punto de reorden establecido, de manera de que no se generen quiebres de stock que pueda paralizar la operación.

3.12. SISTEMAS DE INVENTARIO

Los sistemas o políticas de inventario están orientados a determinar cuándo se realizan los pedidos de producto y en qué cantidad (Yévenes, 2017). A continuación, se presentan distintas políticas de inventario clásicas.

3.12.1. SISTEMA (R, Q)

En este sistema de revisión continua se emite un pedido de producto por una cantidad fija Q tan pronto el nivel de inventario llega al punto de reorden R (Vidal, 2005). Cabe destacar que este sistema actúa bajo el supuesto de que se realiza el pedido de reabastecimiento justo en el momento que el inventario efectivo llega al punto de reorden. Además, dado a que la demanda durante el tiempo de entrega se asume relativamente estable, en este sistema el punto de reorden R evitará un quiebre de stock en la medida que este sea mayor a la cantidad de demanda durante el lead time.

3.12.2. SISTEMAS (R, S)

El sistema de revisión continua (R, S) establece que cuando el nivel de inventario es igual o menor al punto de reorden R, se genera un pedido de producto de una cantidad tal que se incremente el stock hasta un máximo S (Arana, 2015).

3.12.3. SISTEMAS (t, S)

El sistema (t, S) es un sistema de revisión periódica en el cual cada t unidades de tiempo se revisa el nivel de inventario y se genera un pedido de producto de cantidad tal que el inventario se incremente al máximo S (Vidal, 2005).

3.12.4. SISTEMAS (t, R, S)

El sistema de inventarios (t, R, S) es un sistema de revisión periódica que combina los sistemas (R, S) y (t, S). Este sistema consiste en que cada t unidades de tiempo se revisa el inventario y si el nivel es igual o inferior al punto de reorden R se realiza un pedido de producto tal que el nivel de inventario se incremente al máximo S (Yévenes, 2017).

4. METODOLOGÍA

4.1. EXTRACCIÓN DE DATOS

La recopilación de datos e información para este estudio se realizó utilizando los registros del sistema ERP con el que cuenta la empresa (SAP Business One, en adelante SAP). A través de SAP, se descargaron los datos de Pedidos de Material (PM), entregas de bodega realizadas (Informe de entregas), órdenes de compra abiertas y cerradas (Lista de pedidos), listado de códigos de materiales (Lista de artículos), y las recepciones de materiales (Entrada de mercancías). Es así como se analizan datos de demanda, compras, niveles de stock y el sistema de control de inventarios en general.

De esta manera se trabajó con los datos de un año corrido desde el 1 de enero de 2017 (Semana 1, S1-2017) al 30 de junio de 2018 (Semana 26, S26-2018). Es aquí donde se identifican las primeras deficiencias en el proceso dado a que la información ingresada está incompleta o no se ingresan de manera correcta, por lo cual el tracking de la información y la visibilidad de la gestión de la bodega puede conducir a errores o no representar la realidad de las existencias almacenadas. Por otro lado, desde diciembre del 2013 que se trabaja con el ERP SAP para la gestión de materiales, por lo cual a la fecha existen más de 5.000 códigos de productos, materiales, herramientas e insumos que muchas veces genera confusión en identificar el SKU del producto que ingresa o sale de la bodega para rebajar el stock del sistema. En definitiva, el mal manejo de la información y el sistema SAP genera deficiencias en el control de los niveles de stock debido al descuadre entre la cantidad de producto registrada en el ERP y la cantidad física de inventario almacenado en la bodega. Para este trabajo se analizó la gestión de inventario de la bodega central de TecnoFast, divida en dos bodegas físicas (SS60 y SS60-4, correspondientes a la Bodega Central de la planta La Montaña y Bodega Bayona de planta Colina respectivamente) que almacenan los

materiales para abastecer a la fábrica, los proyectos en terreno y a las sucursales que actúan como centros de distribución y acopio de material para los proyectos en regiones.

4.2. DEFICIENCIAS EN EL PROCESO

Gran parte de los problemas de falta de existencias de la bodega de TecnoFast se explica por el desorden y poca coordinación en el flujo del proceso de abastecimiento.

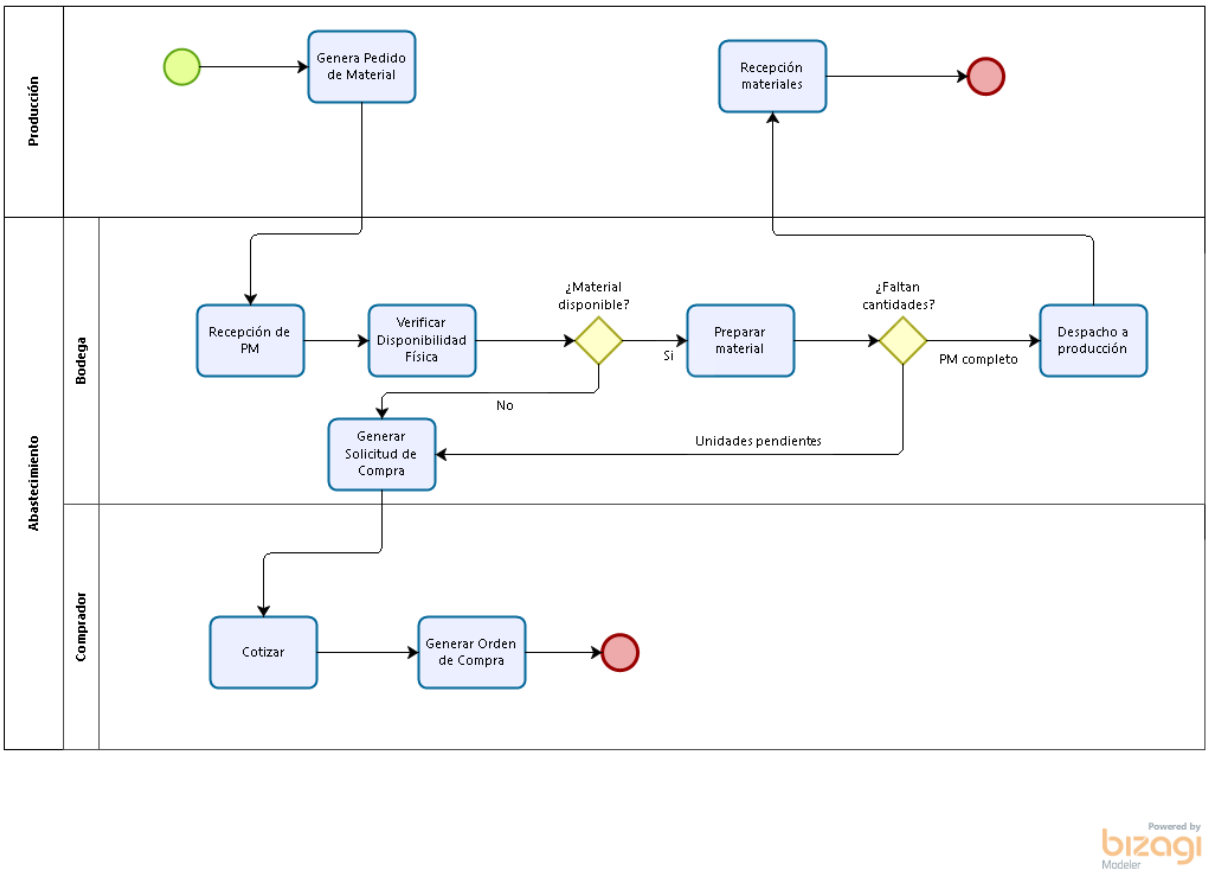


Figura 6. Diagrama BPM del proceso de abastecimiento de TecnoFast inicial. (Fuente: Elaboración Propia)

En primer lugar, a diario se recibe una gran cantidad de PMs en la bodega, para los cuales se debe recopilar y preparar el material para enviar a producción. Es aquí cuando por el apuro en entregar el material no se rebaja del sistema el material en la cantidad solicitada o se rebaja con un

código diferente al utilizado, dado a que por alguna diferencia en la marca o característica del producto el material entregado corresponde a un SKU diferente del cual fue rebajado, generando una diferencia en los registros. Muchos de estos códigos fueron utilizados en el pasado, pero hoy en día se utiliza otro producto que, aunque sea similar, corresponde a un SKU diferente el sistema con lo cual se debe ser cuidadoso al entregar y rebajar del sistema las existencias con su código respectivo de manera de llevar un conteo real del inventario disponible registrado.

Otra causa del descuadre del inventario por sistema es el control sobre a dónde se envía el material. En este sentido, tanto bodega como logística y distribución pueden generar salidas de material para producción y envío a de material a terreno respectivamente. En este sentido, las salidas de material hacia las líneas de producción son controladas por los encargados de bodega a través de la cubicación de materiales del proyecto en construcción, con lo cual el control de la cantidad de material que queda en inventario se puede llevar, sin embargo, a veces los pedidos de material de terreno rebajan el stock en bodega sin que se tenga noción de las salidas dado a que el encargado de bodega no realiza estas salidas de material sino que es distribución quien genera la salida de material y el posterior despacho. Esto puede generar un quiebre de stock dado a que al llegar otro pedido este ya se encuentra sin stock y no se pudo realizar la alerta de nivel de inventario bajo ya que en bodega no se enteraban a tiempo de estas salidas de material.

Además, se detectan deficiencias en las compras dado a que no existe control y seguimiento sobre las órdenes de compra emitidas. Al realizar una orden de compra, muchas veces estas se mantenían abiertas y nadie realizaba un seguimiento de las entregas de los proveedores por lo cual, aun cuando existen compras de producto, estas existencias no llegan a la bodega por lo cual no estarán disponibles para completar los pedidos de material que se generan. Por otro lado, no existe una calendarización de las entradas de producto que llegan de los proveedores, por lo tanto, no se

puede contar con estas cantidades de las ordenes generadas puesto a que no se tiene claridad de las fechas en que el material estará disponible en bodega ni las cantidades de estas entradas.

Por estas razones, el proceso de abastecimiento se reestructura de la siguiente manera, de manera que se generen sinergias en la colaboración entre las áreas y además de mejorar el control sobre los niveles de stock disponibles.

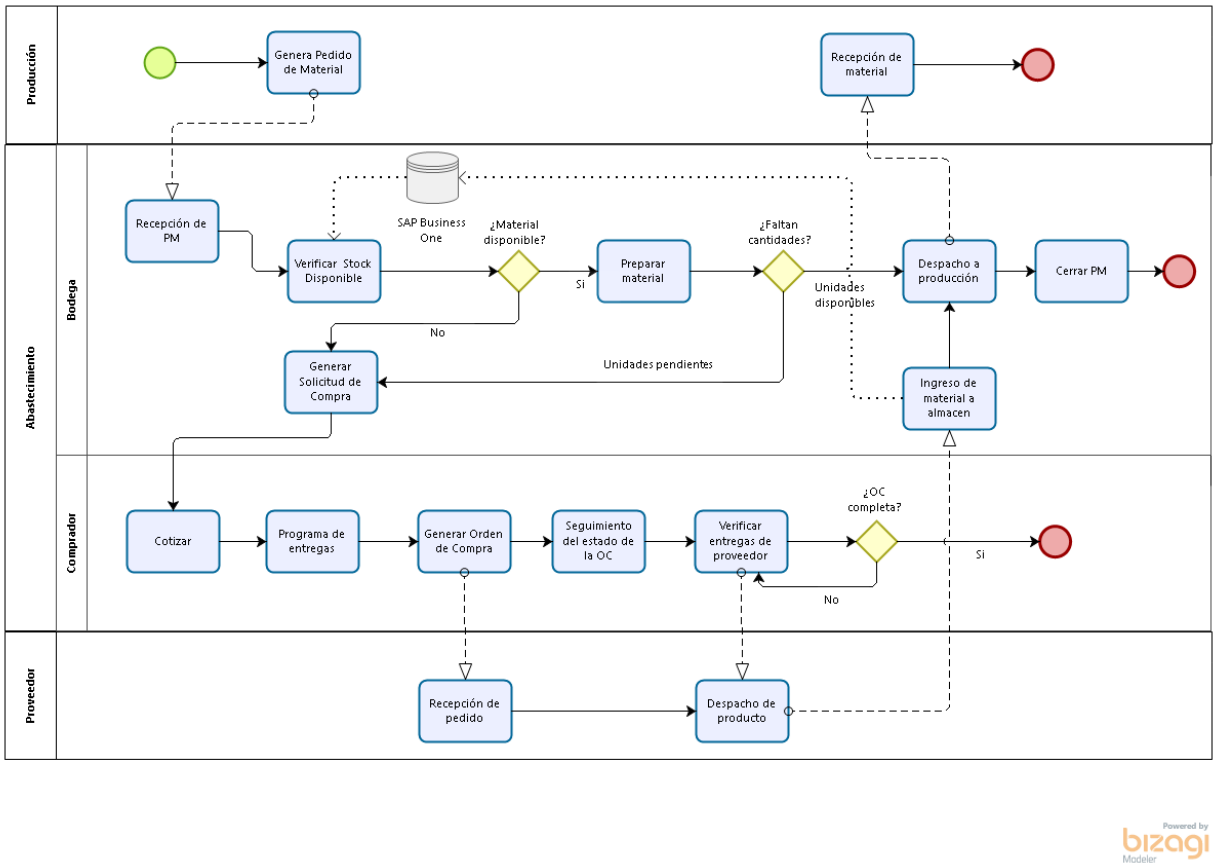


Figura 7. Diagrama BPM del proceso de abastecimiento de TecnoFast reestructurado. (Fuente: Elaboración propia)

Al realizar estos cambios se busca tener un mejor control sobre las compras y el inventario, al empoderar y responsabilizar claramente a las áreas con tareas específicas asignadas. Bajo este esquema, bodega se encarga de todas las entradas y salidas de material en inventario, además de llevar el control de los niveles de stock almacenadas en sistema. El área de Logística y Distribución

se encarga de la recepción de los pedidos de materiales de terreno para transmitir la información a bodega, quienes prepararán la orden de acuerdo a las cantidades y materiales requeridos para luego ser despachada por el encargado de logística y distribución. De esta manera Bodega mantiene control sobre todo el movimiento de materiales almacenados y se tiene mejor seguimiento a las cantidades disponibles, así el objetivo principal será informar con exactitud las cantidades de inventario. Finalmente, el área de compras se responsabiliza de todo el proceso de adquisiciones desde la cotización del material hasta el seguimiento y control de las entregas de los proveedores para poder tener mayor certeza de cuándo estará disponible el producto para su utilización en la producción. Cabe destacar que estos cambios son importantes para un buen modelo de compras y gestión de inventario dado a que representan el input de las estimaciones de los niveles de stock disponibles a futuro, por lo cual mantener los registros del sistema actualizados y acorde con el inventario real, además de tener conocimiento de cuando se contará con las reposiciones de stock o adquisiciones forma parte fundamental del modelo de compras e inventario de TecnoFast.

4.3. SITUACIÓN INICIAL DE SKUs

Al obtener la Lista de Artículos mediante SAP, se registraron 5.281 códigos de materiales. Del total de códigos se registran 1.724 SKUs con unidades de stock en bodega (bodegas SS60 y SS60-4 de SAP) de los cuales. En primer lugar, de manera de trabajar con productos agrupados para el análisis del inventario se clasificaron el total de SKU en familias según su utilidad dentro del proceso de construcción de los módulos. De esta manera se busca poner mayor atención en las familias críticas, generalmente de obra gruesa, las cuales pueden generar una paralización de la planta productiva si no se presenta el stockout. Es así como se detectaron 54 familias que van desde fijaciones, molduras o puertas y ventanas, hasta materiales de gran volumen como vigas,

madera, planchas y membranas. Además, estos códigos se clasificaron de acuerdo a su naturaleza de adquisición, ya sea importados o productos nacionales. Esta última clasificación es importante ya que el lead time de los proveedores varía significativamente si el producto es de importación. Los productos importados desde EEUU tienen un tiempo de entrega de 15 días, mientras que los productos de China o Europa demorarán 45 días en llegar. Este input es importante para generar pedidos de reposición de producto que lleguen antes que se acaben las existencias en bodega, lo cual podría generar una para en las actividades de producción. La siguiente tabla muestra las 53 familias de la clasificación inicial de artículos.

Familia			
AISLANTES-IMPERMEABILIZANTES	INSUMOS DE LIMPIEZA	REVESTIMIENTO PISOS	INSUMOS OFICINA
CANALETAS	INSUMOS MENORES	SANITARIOS	LETREROS Y SEÑALETICAS
CELOSIAS	JUNTA DE DILATACION	SILICONAS Y ADHESIVOS	MALLAS
CUBIERTAS	MEMBRANAS	SOLDADURAS Y ALAMBRES	MODULO TERMINADO
ELECTRICOS	MOLDURAS	TAPACANTOS	PODS
EQUIPAMIENTO COCINA	MOSQUITEROS	VIGAS	POLIN Y PILARES MADERA
EQUIPAMIENTO DORMITORIO/LIVING/OFICINA	PERFILES	CERCHAS	PUBLICIDAD
ESCALA Y GRADAS	PINO	CONTAINER	REVESTIMIENTO INTERIOR
ESQUINEROS	PINTURAS-BARNICES-DILUYENTES	EPP	SERVICIOS
ESTRUCTURA METALICA	PLANCHAS	EQUIPAMIENTO CASINO/COMEDOR	TABLEROS
FIJACIONES	PLANCHAS LISA	EQUIPAMIENTO CONTROL DE INCENDIOS	VARIOS CONSTRUCCION
HERRAMIENT/EQUIPOS Y REPUESTOS	PUERTAS-VENTANAS-PERSIANAS-ROLLERS	EQUIPAMIENTO RECREACIONAL	
HORMIGONES Y MORTEROS	QUINCALLE Y CERRAJER	FIERROS	
INSUMOS DE EMBALAJE	REVESTIMIENTO EXTERIOR	INSUMOS DE OFICINA	

Figura 8. Categorías de Familias de producto inicial de TecnoFast. (Fuente: Elaboración propia)

A través de la valorización del inventario utilizando como costo unitario de cada SKU el último precio de compra unitario se puede generar una clasificación ABC para los artículos almacenados en bodega.

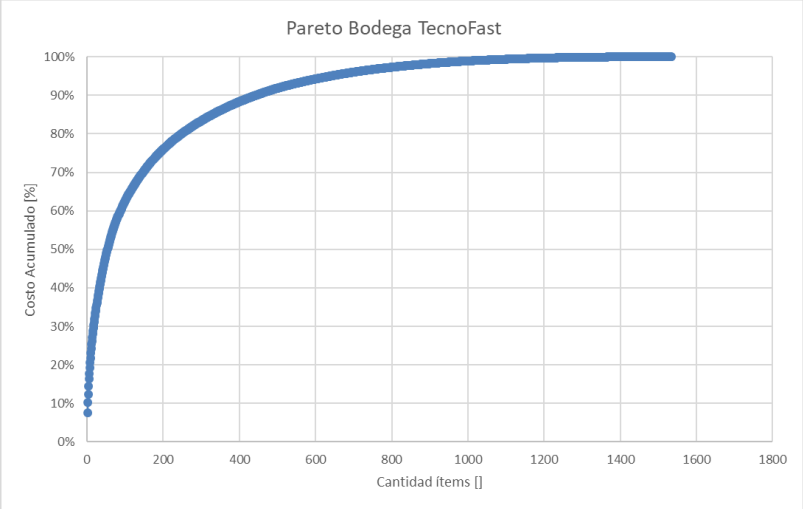


Figura 9. Diagrama de Pareto de situación inicial de la bodega de abastecimiento de TecnoFast. (Fuente: Elaboración propia)

Ítem	Cantidad	% Cantidad	Costo
Clase A	247	16,1%	$ 2.915.953.768
Clase B	392	25,6%	$ 549.035.557
Clase C	895	58,3%	$ 182.839.508
Total	1534	100%	$ 3.647.828.833

Tabla 1. Clasificación ABC bodega TecnoFast (Fuente: Elaboración propia)

En efecto, se cumple la propiedad de Pareto y el 16% de los artículos (Clase A) almacenados componen el 80% del costo total de inventario, mientras que el 84% restante de códigos conforman solo el 20% del costo total. La atención de la gestión de inventario debiese estar enfocada en los artículos Clase A, sin embargo, muchos artículos no han tenido rotación durante el año y se encuentran inmovilizados dentro de la bodega. En la siguiente tabla se muestra el porcentaje de códigos inactivos y activos almacenados en bodega TecnoFast.

Ítem	Cantidad	% Cantidad	Costo
Códigos Activos	994	65%	$ 3.074.781.925
Códigos Inactivos	540	35%	$ 573.046.909
Códigos Totales Bodega	1534	100%	$ 3.647.828.833

Tabla 2. Códigos con y sin rotación almacenados en bodega TecnoFast en situación inicial. (Fuente: Elaboración propia)

El escenario es más crítico si se consideran los códigos activos aquellos que tengan una utilización de al menos un 5% del año.

Ítem	Cantidad	% Cantidad	Costo
Códigos Activos 2018	593	39%	$ 2.481.700.308
Códigos Inactivos 2018	941	61%	$ 1.166.128.525
Códigos Totales Bodega	1534	100%	$ 3.647.828.833

Tabla 3. Códigos con un movimiento anual mayor al 5%. (Fuente: Elaboración propia)

Luego, si se desagregan las clases de acuerdo a los ítems inmovilizados y los que tienen rotación se presenta el siguiente escenario.

Ítem	Tipo	Cantidad	Costo	% Costo
Clase A	Activos	194	$ 2.560.870.974	70,2%
	Inactivos	53	$ 355.082.794	9,7%
Clase B	Activos	291	$ 401.574.591	11,0%
	Inactivos	101	$ 147.460.967	4,0%
Clase C	Activos	509	$ 112.336.360	3,1%
	Inactivos	386	$ 70.503.148	1,9%
Totales		1534	$ 3.647.828.833	100,0%

Tabla 4. Clasificación ABC situación inicial. (Fuente: Elaboración propia)

Este primer análisis demuestra la problemática de la gestión de las existencias de TecnoFast, en donde un 35% del total de artículos no tiene movimiento y por lo tanto sólo ocupan espacio dentro de la bodega, generando costos extras por almacenaje y movimiento de los mismos. Sobre estos materiales será necesario buscar una alternativa de uso, ya sea como sustituto de algún otro material o definiéndolo como material primario, ofrecerlo en venta o definitivamente deshacerse de él como parte de la merma del inventario. De esta manera se buscará mantener en inventario sólo los materiales que se utilicen para la fabricación.

Un buen modelo de gestión de compras de inventario para TecnoFast apuntará a realizar las adquisiciones programadas que ingresen a la bodega antes de que se produzca un quiebre de

stock producto de los pedidos de material, sin superar la capacidad de almacenaje y sin almacenar artículos que no se utilicen en la producción.

4.4. ELECCIÓN DE CÓDIGOS DE INTERÉS

El principal input del modelo de compras debe ser los artículos que requerirán inventario durante el año para la fabricación de módulos. Por ello se deben escoger del universo total de códigos de producto existentes aquellos que en realidad se utilizan actualmente ya sea para todos los proyectos o para uno en particular. Con estos se podrá empezar a caracterizar cada producto para realizar los análisis y estimaciones de consumo respectivas con los cuales el modelo de compras sugerirá cantidades de compras por artículo en cada periodo para apoyar la toma de decisiones de los compradores.

4.4.1. SALIDAS DE BODEGA

Dada la gran cantidad de códigos sin rotación o sin stock almacenados, fue necesario en primer lugar identificar cuales códigos de materiales en realidad se utilizarán. En primer lugar, se seleccionaron todos los códigos que registraban salidas de bodega por sistema SAP. Para ello se descarga el informe de entregas o salidas de producto (Informe PM-GD Bodega (Detallado_ Incluye Devoluciones)). Este informe contiene todos los registros de las entregas hacia la planta o hacia a terreno de materiales por PM (Pedido de Material) o GD (Guía de Despacho) según sea el caso por bodega virtual. Es decir, cada vez que se entrega un artículo de la bodega, se debe registrar la salida para rebajar las unidades entregadas del sistema y así mantener los niveles de stock en SAP que correspondan con las existencias físicas. Por lo tanto, utilizando la herramienta de tabla dinámica de MS Excel se puede ver las unidades entregadas por código de producto. De esta manera se detectaron alrededor de 590 códigos candidatos a ser utilizados para el modelo de compras de materiales.

Luego, estos códigos que se están utilizando actualmente abarcan tanto materiales que se utilizan para la fabricación y montaje de todos los módulos producidos, así como también materiales especiales o específicos de alguno de los proyectos actuales. Estos últimos materiales no debiesen tener un nivel de stock almacenado más que lo necesario para completar el proyecto respectivo, por lo cual se necesitará un trato distinto para los materiales comunes entre proyectos que para los materiales específicos.

4.4.2. CUBICACIONES

Cada proyecto tiene o debiese tener una lista de materiales predefinidos para su fabricación. Esto se define con el cliente al momento de la definición del alcance del proyecto y se explicita en la ingeniería de detalles final junto a los planos de fabricación. En construcción, esta lista de materiales y medidas se denomina cubicación. Según Franco Rabie Sanchez (2010), la cubicación de una edificación se define como:

> "En primer lugar, se llama así a la medición del volumen de un cuerpo o la capacidad de un espacio. Pero por extensión se entiende por tal la medición de las partes que componen una edificación, ya sea en metros cúbicos, metros cuadrados, o en unidades (como en el caso de las puertas, artefactos sanitarios, etc)." (Sanchez, 2010)

En consecuencia, al obtener las cubicaciones de todos los proyectos y de cada unidad de negocio proyectadas se puede tener una estimación adecuada del total de unidades de materiales. Luego, el foco con respecto a la demanda de materiales debiese ser cuántas unidades de cada material se necesitarán y en qué momento de la fabricación del proyecto. Por lo tanto, utilizando las cubicaciones se completó la base de datos de códigos del modelo de compras dados los códigos

definidos para cada proyecto y sus respectivas cantidades. Estas cubicaciones se validaron con los planos de fabricación del proyecto (campamento habitacional Quebrada Blanca) para verificar que se estuviera cubriendo la totalidad de los requerimientos de materiales de acuerdo a la cantidad de módulos estipulados para cada edificio del proyecto. Además, se realizaron cubicaciones proyectadas del total de materiales requeridos para las unidades de negocio HOME y RENTAL de TecnoFast basadas en la demanda de materiales del año pasado 2017 y las proyecciones de ventas y arriendo de módulos para el año en curso. Finalmente, se realiza una estimación de los materiales de terreno requeridos para el montaje del proyecto en terreno. Con esto se completa una base de datos de más de 850 códigos de materiales que se requerirán para la fabricación de módulos de proyectos de venta y arriendo. Nuevamente, es necesario identificar cuales materiales se ocupan en común para la construcción de todos los proyectos y cuales materiales están cubicados solo para un proyecto en específico puesto a que mantener stock de estos más allá de las cubicadas ocasionará que esas existencias queden sin movimiento una vez finalice el proyecto, lo cual significará un gasto innecesario por almacenar estas unidades que sólo ocuparán espacio dentro de la bodega y se tendrá que buscar un uso alternativo para deshacerse de estos materiales.

4.4.3. JUICIO DE EXPERTOS

Para finalizar la confección de la base de datos de materiales para el modelo de compras de materiales de TecnoFast se vuelve a realizar una revisión del listado de códigos escogidos en conjunto con los jefes de bodega y compras de la gerencia. Dada a la experiencia de estos trabajadores que conocen cada material que se ocupa en la fabricación y cuales son los códigos que más se utilizan para compras de reposición, se verificó que estuviesen todos los códigos de material necesarios que se ocupen en la actualidad en caso de que faltase alguno que no haya sido

considerado dentro de las entregas frecuentes o las cubicaciones. Por otro lado, se verifica que los códigos cubicados sean los que realmente se estén utilizando para el inventario dada la gran cantidad de códigos, y algunos que pudiesen estar duplicados o ser artículos sustitutos, por lo que se depura la base de datos para abarcar todos los códigos necesarios de acuerdo a la experiencia de quienes los utilizan diariamente.

En definitiva, se confecciona un listado final de 868 códigos de materiales tanto del proyecto Quebrada Blanca (fabricación en planta y montaje en terreno) como de las áreas de RENTAL y HOME de los cuales se deberán realizar las compras necesarias a tiempo para evitar el stockout que pueda detener la producción y provocar retrasos en los tiempos estipulados para cada proyecto.

4.5. CLASIFICACIÓN DE CÓDIGOS

Al obtener los códigos de interés se redujo la cantidad de familias de interés a 34 familias desde fijaciones (tornillos, puntas, golillas, conectores, entre otros) hasta membranas, maderas y planchas. Con ellos se generó una sub-familia para especificar el producto, así como también para poder agrupar códigos que sean sustitutos o que tengan la misma función dado a que en el pasado se han creado más de un producto para un mismo producto dado a que se compraba a un proveedor de distinto origen, sin embargo, los productos tienen las mismas características y funcionalidad. Por ejemplo, para el caso de la madera se han creado distintos códigos dependiendo de si se compraba a un proveedor canadiense o europeo para la misma escuadrilla (ej. PINO PRIME 2 X" 4" X 8'), sin embargo, la calidad de la madera, las dimensiones y la utilidad es la misma por lo cual pueden agruparse bajo la misma escuadrilla para el cálculo de los requerimientos futuros. Idealmente debería existir un código para un producto de determinadas características, a lo cual se

debería apuntar a futuro, sin embargo, para el presente modelo se mantienen los códigos antiguos y los nuevos para no perder la data histórica para el cálculo de los consumos puesto a que durante el año 2017 se pudo haber ocupado un código diferente al actual por lo tanto se debe agregar esta información a los de los códigos que se usen actualmente.

Por otro lado, como se mencionó anteriormente, algunos materiales sólo se cubican y utilizan para un proyecto en específico de acuerdo a las necesidades del cliente, mientras que otros materiales se ocupan a diario para todos los módulos fabricados indistintamente, generalmente aquellos materiales de obra gruesa que forman la estructura del módulo. En consecuencia, resulta evidente clasificar la lista de códigos como códigos de "STOCK" y "NO STOCK". Los códigos de STOCK son aquellos materiales de construcción que se ocupan en común para todos los proyectos. De estos materiales TecnoFast debiese mantener stock disponible en todo momento puesto a que un quiebre de stock significará un retraso en la producción por falta de material. Por lo tanto, será crítico programar las compras de estos artículos a tiempo para que el reabastecimiento se produzca antes que se acaben las unidades en inventario. Por otro lado, los códigos clasificados como NO STOCK son aquellos materiales que solo se ocuparan para uno o algunos proyectos en particular, así como también los equipamientos, insumos y EPP también entran en esta categoría puesto a que solo se deben comprar de acuerdo a la cubicación o alguna solicitud de compra específica. Los productos NO STOCK solo deben ser adquiridos para completar la cubicación de cada proyecto, puesto a que luego puede que no se vuelvan a ocupar y, por ende, no se necesita mantener un nivel de inventario almacenado en todo momento.

Como criterio general se definió en primera instancia que los materiales de HOME y RENTAL serán materiales de STOCK dado a que se utilizarán para todas las casas y mantenciones de proyectos adjudicados en algún punto del año por lo que será necesario mantener siempre una

cantidad determinada de unidades disponibles para fábrica. Esto se cumple para casi la totalidad de los códigos de las cubicaciones de estas unidades de negocio a excepción de algunos especiales que solo se utilizan en casas específicas en donde el cliente los exige. En cuanto al proyecto QB, de su cubicación se establecieron todos los materiales de obra gruesa que se utilizan para la estructura de todos los módulos como códigos de STOCK, además de los artículos que también se encuentren dentro de las cubicaciones de HOME y RENTAL. Aquellos materiales y compras especiales que solo se encuentren cubicados para este proyecto se clasificaron como códigos NO STOCK por cuanto solo se deberá completar las unidades cubicadas para terminar el proyecto y luego no se seguirán utilizando estos códigos. Con ello, de un total de 868 códigos de material, 655 fueron identificados como STOCK y 213 de NO STOCK, de los cuales no será necesario mantener un stock mayor al del total cubicado para el periodo.

Clasificación	Cantidad	%	Clasificación 2	Cantidad	%
STOCK	655	75%	STOCK	241	28%
			STOCK-HOME	65	7%
			STOCK-HOME-RENTAL	14	2%
			STOCK-QB	47	5%
			STOCK-QB-HOME	10	1%
			STOCK-QB-HOME-RENTAL	26	3%
			STOCK-QB-HOME-RENTAL-TERRQB	2	0%
			STOCK-QB-RENTAL	62	7%
			STOCK-QB-RENTAL-TERRQB	3	0%
			STOCK-RENTAL	178	21%
			STOCK-RENTAL-TERRQB	5	1%
			STOCK-TERRQB	2	0%
NO STOCK	213	25%	HOME	24	3%
			NO STOCK	117	13%
			QB	54	6%
			QB-HOME	1	0%
			QB-RENTAL	1	0%
			RENTAL	2	0%
			TERRQB	14	2%
Totales	868	100%		868	100%

Tabla 5. Clasificación de materiales de construcción para TecnoFast. (Fuente: Elaboración propia)

Luego, identificados y clasificados todos los códigos de interés se puede proceder con el cálculo de las cantidades necesarias de compras para evitar quiebres de stock futuros, así como también la programación de estas para que el material ingrese a bodega en el momento en que sea necesario de acuerdo al tiempo de entrega del proveedor.

4.6. ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA FUTURA

Para generar un modelo de compras adecuado será necesario determinar las cantidades de material requeridas en cada periodo, es decir, establecer la demanda de material estimada durante los próximos meses de manera de que se programen las compras necesarias que cubran estos pedidos futuros. Para el modelo de compras de TecnoFast se generaron tres formas de estimar la demanda, para posteriormente elegir aquella que entregue la mayor cantidad y así reducir la probabilidad de quiebre de stock.

4.6.1. CÁLCULO POR CUBICACIÓN

Si se toma en cuenta que la demanda total final de cada proyecto está determinada por la cubicación, faltará determinar en qué momento y en qué cantidades se requerirá contar con parte de esta demanda. El área de producción de TecnoFast fabrica los módulos de acuerdo a una programación de planta (Programa de Fabrica, Anexo B). En este cronograma se especifica la cantidad de módulos que ingresan a cada línea de producción cada semana de acuerdo a cada proyecto en ejecución. Luego, disgregando las cantidades cubicadas del proyecto por la totalidad de módulos a construir y multiplicando estas cantidades cubicadas para un módulo por la cantidad de módulos que ingresan a fabricar por semana se obtiene una estimación adecuada de las unidades

de material requeridas para cada semana de fabricación del proyecto. De esta manera se obtiene la demanda del *i* para la semana de fabricación *k*, D_i^k.

$$d_i = \frac{Cubicación\ total_i}{Cantidad\ de\ módulos\ a\ fabricar}\left[\frac{unidades}{módulo}\right]$$

$$D_i^k = d_i * F^k$$

Donde,

d_i = demanda del material *i* en un módulo a fabricar.

F^k = cantidad de módulos a fabricar en la semana *k*.

D_i^k = demanda del material *i* en la semana *k*.

Aplicando esta metodología a todos los códigos escogidos se obtuvo una estimación de la demanda futura para las próximas semanas de acuerdo a las cubicaciones de proyectos y la programación de fábrica.

Producto	Nombre	S-34	S-35	S-36	S-37	S-38	S-39	S-40	S-41	S-42	S-43	S-44	S-45	S-46	S-47	S-48
106022	ESPUMA EXPANSIVA POLIURETANO SOUDAL 750 (ML)	0	42	27	23	27	23	27	23	27	23	27	23	27	23	27
2102284	GABINETE INCENDIO BASH 700X600X250 C/CARRETE PINK RACK	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
030223X	PINO LUMBER SPF DE 2 x 4 x 8´GRADO-1 (38X89 MM)	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
303020	MELAMINA ALMENDRA DE MASISA 1.83x2.50x15 MM	0	8	-	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4
303021	TAPACANTO MELAMINA ALMENDRA CON PEGAMENTO	0	376	164	209	224	209	224	209	224	209	224	209	224	209	224
304014	TERCIADO FENOLICO BC MOLDAJE DE 1,22 X 2,44 X 15 mm (65 PL	0	564	361	304	361	304	361	304	361	304	361	304	361	304	361
302002	PINO NACIONAL CEPILLADO 4/CARAS DE 2 x 4 x 2.40 SECO CAMAR	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
304034	PLACA OSB PLUS DE 1.22 X 2.44 X 9.5 MM (PT-ZEC-A095)	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
304101	PLACA LP OSB STANDAR 1.2 2 x2.44 x 9.5 MM APA PT-OECA095 (	0	2.054	1.255	1.128	1.303	1.167	1.407	1.128	1.345	1.163	1.517	1.359	1.551	1.338	1.514
304102	PLACA OSB STANDAR 15.1x1.22x2.44 APA PT-OECA151 (53 PLxPA	0	564	361	312	361	336	417	312	393	328	511	632	527	454	503
304103	PLACA SMARTSIDE PANEL R-8 PT-SPCA111 DE 1.22x2.44x11.1 (72	0	530	334	286	338	286	338	286	338	286	382	330	382	330	382
307032	CUBREJUNTA MDF WHITE DE 5.5 x 40 x 3.600 MM (VOLCAN)	0	367	235	198	235	198	235	198	235	198	235	198	235	198	235
307096	CUBREJUNTA MDF DE 5.5 x 40 x 2.440 MM.LINEN GREY (VOLCAN	0	2.257	1.447	1.215	1.447	1.215	1.447	1.215	1.447	1.215	1.447	1.215	5.331	1.215	1.447
307123	GUARDAPOLVO MDF HAYA 12 x 57 x 3.66 MTS.	0	573	367	309	367	309	367	309	367	309	403	345	403	345	403
307124	CORNIZA MDF MC-8 L=3.66 COLOR HAYA	0	573	367	309	367	309	367	309	367	309	367	309	367	309	367
307125	PILASTRA MDF HAYA 12 x 57 x 2.44 MTS	0	996	-	593	498	593	498	593	498	593	498	593	498	593	498
307127	GUARDAPOLVO PVC 21/2" COLOR BEIGE	0	454	291	245	291	245	291	245	291	245	291	245	291	245	291
308010	EMBALAJE MADERA PARA TERMO DE 500 LITROS	0	11	-	7	5	7	5	7	5	7	5	5	5	5	5
404093	PLANCHA ALUMINIO DIAMANTADA 1000 x 3000 x 2.5 MM	0	5	-	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
404184	ANGULO PVC 32 x 32 x 2.2 x 3.000 MM. BLANCO	0	302	193	163	193	163	193	163	193	163	193	163	193	163	193
407010	GOLILLA PLANA CORRIENTE 3/8" (03-GPFU)	0	6.377	4.088	3.434	4.088	3.434	4.088	3.434	4.088	3.434	4.088	3.434	4.088	3.434	4.088
407044	TIRAFONDO HEXAGONO CORRIENTE DE 3/8x3 1/2	0	2.975	1.907	1.602	1.907	1.602	1.907	1.602	1.907	1.602	1.907	1.602	1.907	1.602	1.907
407166	TORNILLO PARA VOLCANITA P/BROCA 6x1 5/8" (DRYWALL)	0	15.303	9.810	8.240	9.810	8.240	9.810	8.240	9.810	8.240	9.810	#######	9.810	8.240	9.810
407170	TORNILLO PARA VOLCANITA CRS 6 x2 1/4 NEGRO DRYWALL	0	35.920	23.026	19.341	23.026	19.341	23.026	19.341	23.026	19.341	23.026	19.341	23.026	19.341	23.026
407185	TORNILLO CINCADO 8 x 3" CRS.	0	4.251	2.725	2.439	2.725	2.889	3.775	2.439	3.325	2.739	4.225	84.089	4.525	3.789	4.075
407278	TORNILLO AUTOPERFORANTE 1/4'-14 x 4 1/2" TAP FAST	0	510	327	275	327	275	327	275	327	275	327	275	327	275	327
407307	TIRAFONDO HEXAGONO CORRIENTE DE 3/8" x 41/2"	0	3.401	2.180	1.831	2.180	1.831	2.180	1.831	2.180	1.831	2.180	1.831	2.180	1.831	2.180
407423	TORNILLO VOLCANITA CRS 6 x 1 5/8" ZINCADO	0	38.258	24.524	20.899	24.524	22.081	27.139	20.899	26.292	21.495	28.519	25.192	29.115	24.308	27.933
407717	TIRAFONDO HEXAGONO GALVANIZADO 1/2 x 3 1/2"	0	-	-	-	-	-	44	44	44	44	265	265	265	265	265
407795	SET DE ANCLAJE WC BLISTER COD:CC0017370001B0 (FANALOZA)	0	80	-	48	40	48	40	48	40	48	40	48	40	48	40
408006	CLAVO DE 2" (362 IND X KILO)	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	292	292	292	292	292
408008	CLAVO 3 (170 INID)	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	613	613	613	613	613
408010	CLAVO DE 4 x 8 (81 UND x KG)	0	42	27	23	27	23	27	23	27	23	27	23	27	23	27
408013	PUNTA P/PUNTILLERA ZN 5000 DE 50 MM	0	13	8	8	8	10	14	8	10	10	17	#######	19	17	17
408014	GRAPA 145X35 T-40 (10.000 X CAJA)	0	18	11	10	11	10	12	10	12	10	12	10	12	10	12
408050	CONECTOR HANGER SIMPSON MODELO MMLU-28 de 156 mm PA	0	2.326	1.491	1.253	1.491	1.253	1.491	1.253	1.491	1.253	1.491	1.253	1.491	1.253	1.491
030224X	PINO LUMBE SPF DE 2 x 4 x 10´ GRADO-1 (38x89 mm)	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
302001	PINO NACIONAL CEPILLADO 4/CARAS 2x4x3.20 SECO CAMARA (4	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Figura 10. Cubicación de material por semana para cada código del modelo de compras. (Fuente: Elaboración propia)

Por ejemplo, para el caso del OSB de 9,5 (material de STOCK) se tiene la siguiente distribución de la demanda de material para las próximas semanas de acuerdo a la programación de fábrica y las cubicaciones de proyectos.

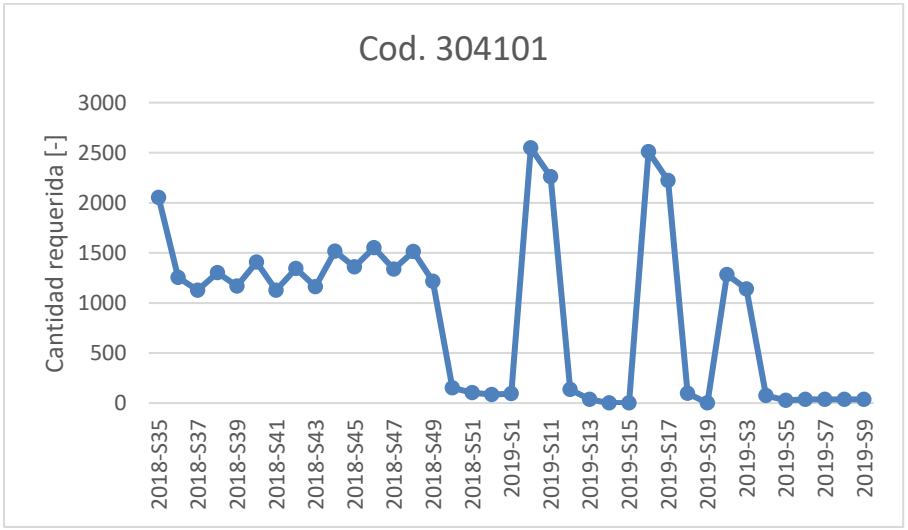


Figura 11. Gráfico de cubicación semanal para el material Cod. 304101, Placa OSB de 9,5 mm. (Fuente: Elaboración propia)

4.6.2. RATIO MENSUAL

Otra forma de estimar los consumos futuros es utilizando la información histórica del material entregado desde bodega al proyectar ese consumo pasado para generar una estimación de los consumos de los próximos meses. Para ello se utilizó un factor de corrección de acuerdo a los metros cuadrados totales construidos el año 2017 versus los metros cuadrados proyectados de construcción para el 2018, el cual es de 1,6979.

$$M = \frac{Metros\ cuadrados\ construidos\ 2017}{Proyección\ metros\ cuadrados\ a\ construir\ 2018} = \frac{49.473}{84.000} = 1{,}6979$$

Luego, se extrajeron los datos de entregas por artículo para el año 2017 y así obtener la demanda anual del año pasado. Con ello, se proyecta el consumo anual para el 2018 de cada artículo multiplicando el consumo del 2017 por el factor de demanda y se calcula un consumo mensual promedio. Finalmente, se compara este dato con el promedio de consumo mensual real de lo que se lleva hasta julio de 2018 y se escoge el mayor valor como "Ratio Mensual" para cada código de material. Cabe destacar que el Ratio Mensual proyecta de forma lineal el consumo del 2017 para el año 2018, por lo cual se debe verificar que efectivamente ese código se siga utilizando este año, de lo contrario se deberá llevar este ratio a 0 para que el modelo no lo escoja por sobre otra estimación si el artículo ya no se ocupa en la misma cantidad que el año pasado y no se sugiera una compra equivocada.

Etiquetas de fila	Factor	1,6979			
	TOTAL ENERO 2017 A FEB2018	Proyeccion anual 2018	Proyeccion mensual 2018	Promedio consumo mensual 2018	RATIO
101053	-	-	0	4	4
103004	50	85	7	0	7
104002	35	59	5	0	5
104005	2	3	0	0	0
106001	50	85	7	0	7
106002	73	124	10	20	20
106003	101	171	14	5	14
106004	2.152	3.654	304	25	304
106007	315	535	45	5	45
106008	1	2	0	0	0
106015	20	34	3	0	3
106016	59	100	8	2	8
106017	28	48	4	0	4
106019	5	8	1	0	1
106020	6	10	1	0	1
106021	1	2	0	0	0
106022	78	132	11	25	25
106028	-	-	0	20	20
106029	3	5	0	0	0
106030	147	250	21	0	21
106031	11	19	2	0	2
106032	20	34	3	0	3
106045	252	428	36	74	74
106061	120	204	17	14	17
106079	30	51	4	0	4
110001	148	251	21	1	21
111005	73	124	10	0	10
111007	649	1.102	92	17	92

Figura 12. Cálculo de Ratio Mensual para cada código de interés. (Fuente: Elaboración propia)

4.6.3. PROMEDIO ENTREGAS 2018

La demanda de materiales también puede ser estimada a través el consumo mensual actual de lo que va del año. Para ello se descargaron los datos de las entregas mensuales para los primeros meses del año. En primera instancia se definió utilizar el promedio de consumo de todo el primer semestre del 2018, sin embargo, debido a que la demanda de material varía significativamente en periodos largos puesto a que puede que se comience a utilizar otro código sustituto por falta de stock del proveedor o retrasos en la entrega, se decide utilizar el promedio de consumo de los últimos tres meses para la comparación de la demanda para que la estimación se acerque más a la operación real.

$$\overline{d_t^i} = \frac{\sum_{n=1}^{3} d_{t-n}^i}{3}$$

Esta estimación será importante en caso de que en la operación se esté utilizando un material en mayor volumen al cubicado o en relación con el año anterior debido a fallas de material o mal uso de los recursos.

En definitiva, utilizando estas tres formas de pronóstico del consumo futuro se pretende generar compras acordes al mayor valor entre estas para así abastecerse de suficiente material para protegerse de la variabilidad de la cantidad de pedidos semanales.

4.7. SALDO ORDEN DE COMPRA

Las compras ya realizadas son un input importante para el cálculo de las cantidades de compra en el sentido que son existencias con las que se podrá contar a futuro pero que aún no están contabilizadas dentro del stock disponible en el sistema. Obviar este input podría ocasionar que se realicen compras innecesarias o que se dupliquen órdenes que luego pudiesen ser facturadas por los proveedores. Por ello la importancia de mantener un control y seguimiento sobre las entregas de los proveedores sobre cada orden de compra generada. La función del comprador en ese sentido no es simplemente cotizar los materiales solicitados y generar la compra, sino asegurar que las unidades ingresen a la bodega en los plazos negociados para que estén físicamente disponibles para su uso en fábrica. El modelo de compras construido tomará como oferta o inventario tanto el stock disponible del sistema como también aquellas existencias por recepcionar de las OCs abiertas, por lo tanto, si estas no son despachadas por el proveedor se generará un quiebre de stock aun cuando existan saldos de compras abiertas y, en consecuencia, el modelo no sugiera realizar una nueva compra en el corto plazo. Nuevamente se demuestra la importancia del flujo del sistema

de abastecimiento para el correcto uso tanto del modelo de compras, de manera de generar compras efectivas en tiempo y cantidad que eviten los posibles quiebres de stock que retrasen la obra.

Por lo tanto, a través del informe de Órdenes de Compra (Lista de Pedidos Detallada Producto_Servicio) se extrae el saldo pendiente total de órdenes de compra abiertas para cada código de material (campo Faltante-OC). De esta manera se utilizará este dato para establecer el nivel de stock total a futuro y así determinar la cantidad faltante por comprar para cubrir los requerimientos de producción en cada periodo.

4.8. CÁLCULO DE LA COMPRA

Definidos los inputs del modelo, se procede a generar el cálculo de las cantidades sugeridas de la compra que arrojará como resultado, el cual servirá como herramienta de decisión para que el comprador proceda a comprar suficiente material para evitar el stockout. Posteriormente será necesario priorizar estas compras puesto a la gran cantidad de artículos procesados. El modelo de compras calculará una cantidad de compra de reabastecimiento de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$P_i = \begin{cases} -(SA_i + SOC_i - \max\{D_i^w\}), & (SA_i + SOC_i - \max\{D_i\}) < 0 \\ 0, & e.o.c \end{cases}$$

Donde,

SA_i = Stock actual disponible del material i.

SOC_i = Saldo pendiente orden de compra del material i.

D_i^w = Estimación de consumo del material i por el método w.

P_i = Cantidad a comprar del material de STOCK i.

Este modelo funciona como un MRP en el sentido que utiliza las existencias on-hand más las entradas de material futuras para cubrir la demanda de material. En concreto, la estrategia de compras definida será analizar las compras de material para cubrir los pedidos de material para los próximos dos meses e ir realizando compras a medida que el stock futuro caiga por debajo de este nivel de stock requerido del análisis. Es decir, se utilizará una política de inventario tipo (R, S) en donde los cálculos se actualizarán cada semana para determinar los productos cuyo stock futuro sea menor al requerido para cubrir los consumos de material de los próximos dos meses y así generar una compra de material justificada.

No obstante, este tipo de compras se justifica sólo para artículos de clasificación STOCK dado a que como se seguirán ocupando en todos los proyectos es necesario mantener un nivel de stock disponible. Sin embargo, aquellos materiales de NO STOCK solo se ocupan para pedidos o proyectos específicos cubicados y luego no se requerirán, por lo cual para estos casos en vez de realizar una compra por los consumos habituales sólo se realizará la compra por las cantidades cubicadas por cronograma, así se evita terminar con existencias restantes almacenadas sin rotación a futuro.

Por lo tanto, el algoritmo final para el cálculo queda de la siguiente manera.

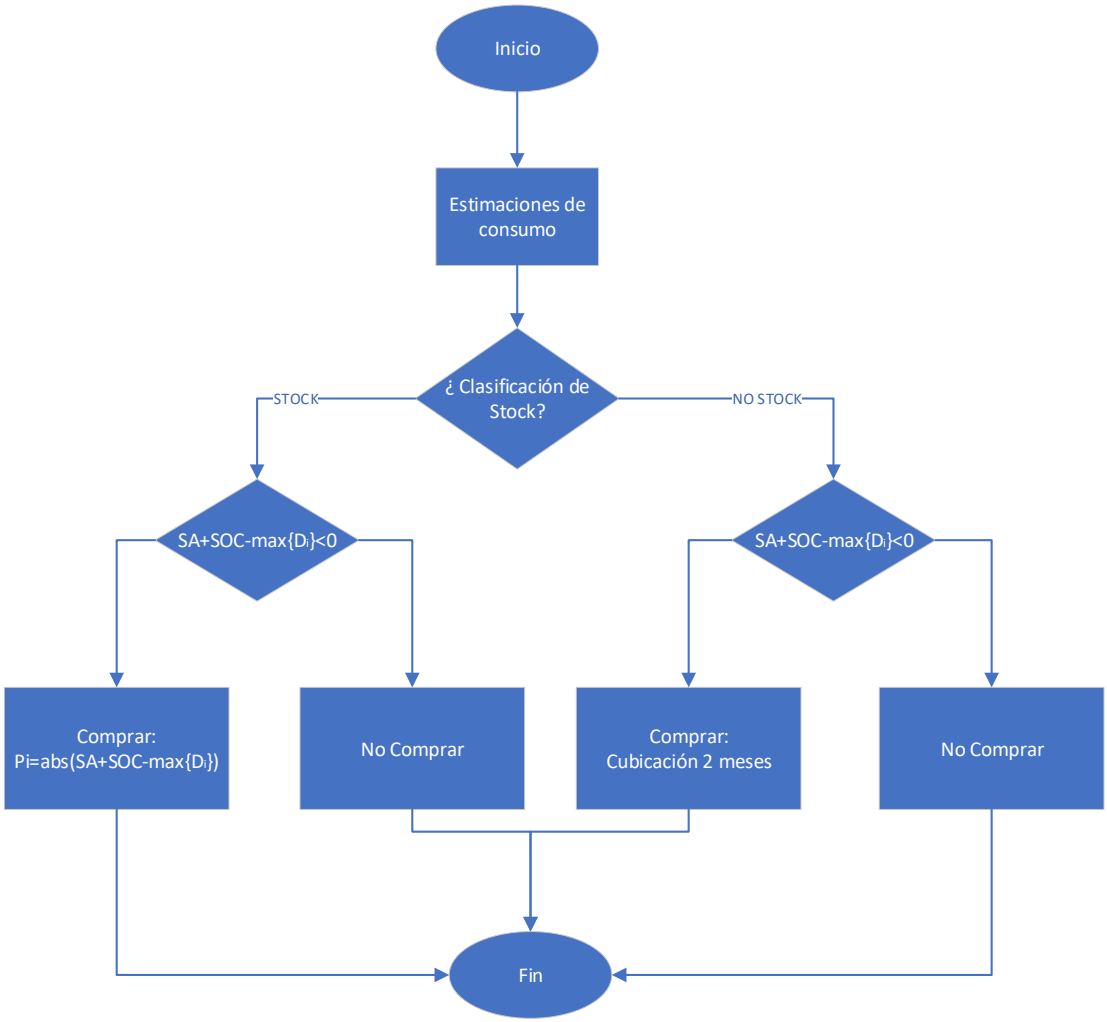


Figura 13. Diagrama de decisión del algoritmo de compras de reabastecimiento. (Fuente: Elaboración propia)

De esta forma se proporciona una herramienta de decisión y análisis para que cada comprador pueda anticipar y programas las adquisiciones de material para atender los pedidos de material venideros. Con ello, además de sugerir una cantidad de compra mínima, se busca realizar compras consensuadas con tiempo suficiente para poder cotizar y negociar un mejor precio con los proveedores, puesto a que de lo contrario muchas veces no existe la posibilidad de barajar opciones cuando se tiene que realizar una compra urgente con plazos acotados para evitar el quiebre de stock. Cabe destacar también que de esta forma se potencian las responsabilidades de

cada departamento de la Gerencia de Abastecimiento de TecnoFast, en cuanto a que bodega tiene como responsabilidad principal mantener los niveles de stock del sistema actualizados para el cálculo de las alertas de compras sugeridas, sin la necesidad de realizar la alerta de cada ítem individual personalmente, mientras que el área de compras realizará el análisis y posterior compra en base a los resultados del modelo.

Generados los cálculos será necesario preguntarse, ¿en qué orden se debe atender estas compras dada gran cantidad de artículos que puedan requerir reposición? Si se toma en cuenta que el periodo crítico para los productos nacionales serán las próximas tres semanas de compra, será necesario comparar el stock actual con las estimaciones de consumo para las próximas tres semanas. Nuevamente el stock de artículos de clasificación STOCK se contrastará contra la mayor estimación de las tres opciones definidas, mientras que para los productos NO STOCK se compara directamente con la cantidad cubicada por cronograma para las próximas tres semanas. De esta manera, se ordenan las prioridades de compra según la cantidad faltante de unidades en el corto plazo, con lo cual se atacarán primero aquellos materiales con mayor quiebre en el corto plazo. Sin embargo, queda a criterio del comprador a cargo de la familia de productos, y dependiendo del tipo de material, si se decide poner énfasis en otro material que pueda quebrar, teniendo en cuenta que el objetivo final siempre será mantener la continuidad operacional de la planta.

4.9. PROYECCIÓN DE QUIEBRE

Otra herramienta importante para el análisis y toma de decisión sobre la compra de un artículo es determinar con los parámetros actuales de consumo y niveles de stock en qué momento de la planificación se producirá el stockout. De esta manera cada comprador tendrá noción del tiempo de holgura para generar la orden de compra y además se priorizará aquellos códigos que

generen un quiebre más pronto. Por otro lado, conociendo los niveles de inventario futuros se puede tomar decisiones sobre los plazos de entrega en caso de que se negocien entregas parciales de las órdenes. En definitiva, la proyección de quiebre es una calendarización de los niveles de stock que se genera a partir del stock actual, los ingresos de material programados de las órdenes de compra o importaciones emitidas, y la estimación de consumo para cada semana de la planificación. El siguiente gráfico muestra un ejemplo de los niveles de stock proyectados para el código 307032 (CUBREJUNTA MDF WHITE DE 5.5 x 40 x 3.600 MM (VOLCAN)). En este se aprecia que los niveles de stock decaen con el consumo máximo hasta producirse un quiebre de stock en la semana 2019-S4, por lo tanto, será necesario asegurarse que las existencias de compras programadas ingresen a la bodega antes de esa fecha para poder responder a los pedidos de material de la planta después de esa fecha.

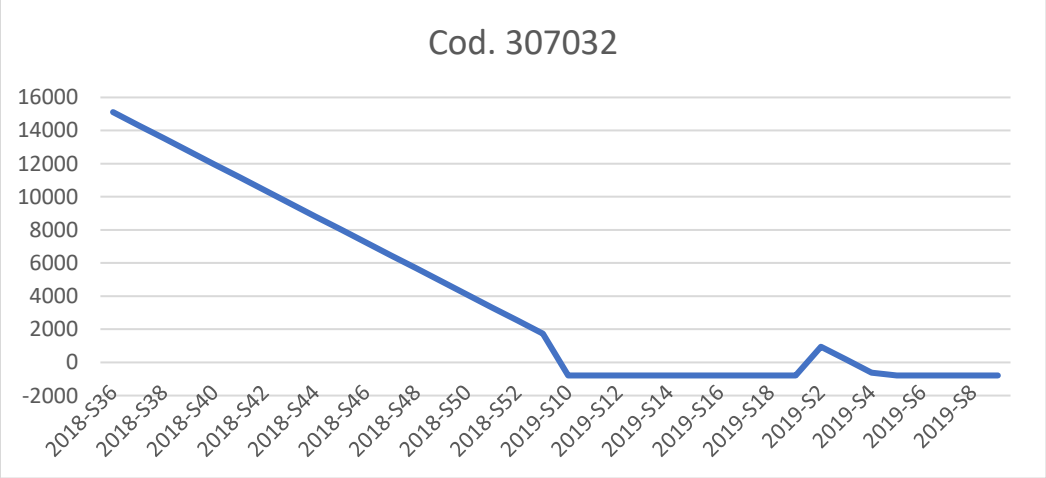


Figura 14. Gráfico de proyección del nivel de inventario futuro. (Fuenta: Elaboración propia)

Entonces, proyección del nivel de stock para cada semana del año se calcula de la siguiente manera.

$$I_{i,t} = I_{i,t-1} - max\{D_{i,i}^{w}\} - EM_{i,t}$$

Donde,

$I_{i,t}$ = Nivel de inventario del material *i* en el semana *t*.

$I_{i,t-1}$ = Nivel de inventario del material *i* en el semana anterior *t-1*.

$D_{i,t}^{w}$ = Estimación de consumo del material *i* por el método *w* en la semana *t*.

$EM_{i,t}$ = Entrada de mercancía programada del material *i* en la semana *t*.

	PROYECCIÓN QUIEBRE SEMANAL													
Producto	S-37 (1	S-38 (1	S-39 (2	S-40 ((	S-41 (0	S-42 (1	S-43 (2	S-44 (2	S-45 ((	S-46 (1	S-47 (1	S-48 (2	S-49 ((	S-50
2501331	361	315	267	221	172	127	78	33	-16	-46	-48	-46	-48	-46
2501686	-84	-211	-233	-181	-203	-181	-209	-187	-150	-98	-96	-80	-96	-80
2501158	165	95	17	-43	-68	-60	-70	-62	-82	-60	-64	-54	-64	-54
2501314	-11	-70	-78	-60	-68	-60	-70	-62	-34	-19	-16	-13	-16	-13
2501261	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2501259	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1808005	1.457	1.457	1.457	1.457	1.457	1.457	1.457	1.457	1.457	1.457	1.457	1.457	1.457	1.457
2501679	-397	-421	-467	-361	-407	-361	-419	-373	-315	-210	-207	-174	-207	-174
090715X	-163	-163	-163	-163	-163	-163	-163	-163	-163	-163	-163	-163	-163	-163
090713x	-5	-7	-5	-7	-5	-7	-5	-7	-5	-7	-5	-7	-5	-2
090716X	11	6	2	-2	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
090703x	10	10	9	9	8	7	7	6	5	5	4	4	3	2
090702x	38	36	34	33	31	29	27	25	23	21	19	18	16	14
090701x	50	45	39	33	28	22	16	11	5	-1	-6	-6	-6	-6
907016	866	-305	-1.171	-1.171	-1.171	-1.171	-1.171	-1.171	-1.171	-1.171	-1.171	-1.171	-1.171	-1.17
907021	987	271	-445	-716	-716	-716	-716	-716	-716	-716	-716	-716	-716	-716
907006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
907015	0	0	0	0	0	0	0	-4	-4	-4	-4	-4	0	0
907018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
090709x	2.723	1.376	29	-1.318	-1.347	-1.347	-1.347	-1.347	-1.347	-1.347	-1.347	-1.347	-1.347	-1.34
907022	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
907017	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311
090714X	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
1902002	0	0	-1	-1	0	0	0	-1	-2	-2	-2	-2	-1	-1
1902003	51	31	12	-8	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20
1003429	-84	-84	-84	-84	-84	-84	-84	-84	-84	-84	-84	-84	-84	-84
1003037	0	0	0	0	0	0	0	-66	-66	-66	-66	-66	0	0
1003038	0	0	0	0	0	0	0	-66	-66	-66	-66	-66	0	0
070500X	-37	-42	-51	-42	-51	-42	-51	-42	-51	-42	-51	-42	-51	-42
705001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
070508x	142	116	91	66	40	15	-10	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25
070507X	312	294	273	255	234	216	195	177	149	131	110	92	61	43
701273	-103	-103	-103	-103	-103	-103	-103	-103	-103	-103	-103	-103	-103	-103
405226	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6
701272	2	-2	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3
405006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
705009	7	4	2	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
402005	12	11	9	8	7	6	4	3	2	1	-1	-1	-1	-1
701116	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
2501348	8	-32	-48	-40	-48	-40	-48	-40	-48	-40	-48	-40	-48	-40
2501493	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
2501783	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
2501231	21	21	20	20	20	20	20	19	19	19	19	18	18	18

Figura 15. Ejemplo de la proyección de quiebre de stock para los códigos de interés del modelo. (Fuente: Elaboración propia)

Finalmente, utilizando MS Excel se construye el modelo con los parámetros y cálculos establecidos para cada código de interés. Con ello y a través de una tabla dinámica el comprador podrá analizar estos resultados de manera de generar las compras necesarias y justificadas en base a las cantidades sugeridas. Queda a criterio del comprador aprovechar bajas de precios o

descuentos por cantidad ofrecidos por los proveedores para generar ahorros con estas compras. De esta manera se logró estructurar una política de compras que redujera la posibilidad de quiebre de stock que detenga las actividades productivas de la planta y de la construcción de la obra en terreno.

Finalizada la construcción del modelo de compras, se derivan estos resultados a los compradores para el análisis de las compras que cubran los pedidos de materiales de los siguientes meses. El resultado de esta gestión vendrá dado por la disminución de los quiebres de stock al realizar compras anticipadas de acuerdo al preanálisis del modelo propuesto. Por otro lado, la efectividad de esta mejora también se verá afectada por la capacidad de análisis del comprador al contar con los parámetros de oferta y demanda de material mostrados en la planilla. En la siguiente sección se simula, a modo de ejemplo, el uso del modelo para realizar una compra fundamentada de un material crítico.

5. RESULTADOS

5.1. SIMULACIÓN DE COMPRA

Programada la base de datos y el panel del modelo en una tabla dinámica de MS Excel se procede a comprobar la utilidad del nuevo modelo de compras de TecnoFast. Para ello se utiliza un código de material crítico, de obra gruesa y de alta rotación como la PLANCHA YESO CARTON VOLCAN RF 122 x 2.44 x 15 LINEN GREY BORDE CUADRADO (Cod. 0701096). Este material se utiliza en todos los tabiques y revestimientos interiores de los módulos, por lo cual incurrir en un quiebre de stock en este producto frenaría la construcción de los módulos al principio de la línea. El ejercicio se realiza con los datos de entrada del 7 de septiembre de 2018 para la planificación de una compra de stock que cubra los pedidos hasta el 30 de octubre de 2018, con un stock disponible en inventario de 6.352 unidades y un saldo de orden de compra pendiente de 9.518 unidades por despachar por el proveedor.

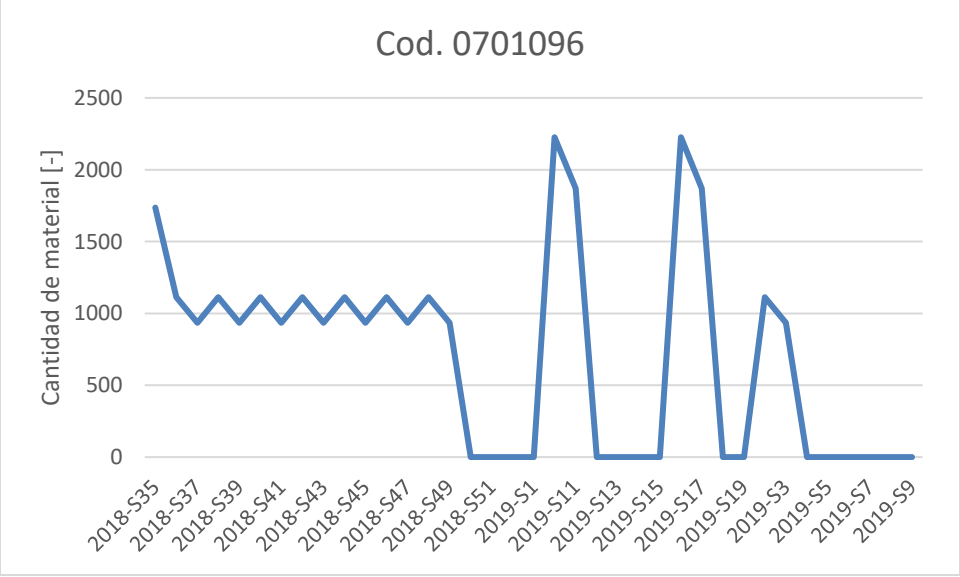


Figura 16. Cubicación de material disgregada por semana para la Volcanita Linen Grey, cod. 0701096. (Fuente: Elaboración propia)

El gráfico anterior muestra la demanda esperada programada de las cubicaciones totales para la producción hasta febrero de 2019. Utilizando los datos de stock, salidas de bodega y compras pendientes el modelo calcula las tres estimaciones de consumo definidas.

Producto	Nombre	RATIO MES	PROM CONS MES ULT3MES	Cubicación 2 meses
701096	PLANCHA YESO CARTON VOL	7.151	9.004	9.928

Figura 17. Simulación de los tres pronósticos de demanda del modelo para la Volcanita Linen Grey, cod. 0701096. (Fuente: Elaboración propia)

Como el promedio mensual de los últimos tres meses es mayor a la proyección histórica (ratio mes) y a las cantidades cubicadas el cálculo de la compra se realizará en base a dos meses de esta estimación, es decir, con un consumo de 18.008 estimado para los próximos dos meses. Luego, será importante saber en qué momento se producirá el quiebre de stock con las unidades actuales en inventario.

Producto	SKU	Nombre	S-37 [1	S-38 [1	S-39 [2	S-40 [(	S-41
701096	**701096**	PLANCHA YESO (	4.101	1.850	-401	-2.251	-2.25

Figura 18. Simulación de la proyección de quiebre del modelo de compras para la Volcanita Linen Grey, cod. 0701096. (Fuente: Elaboración propia)

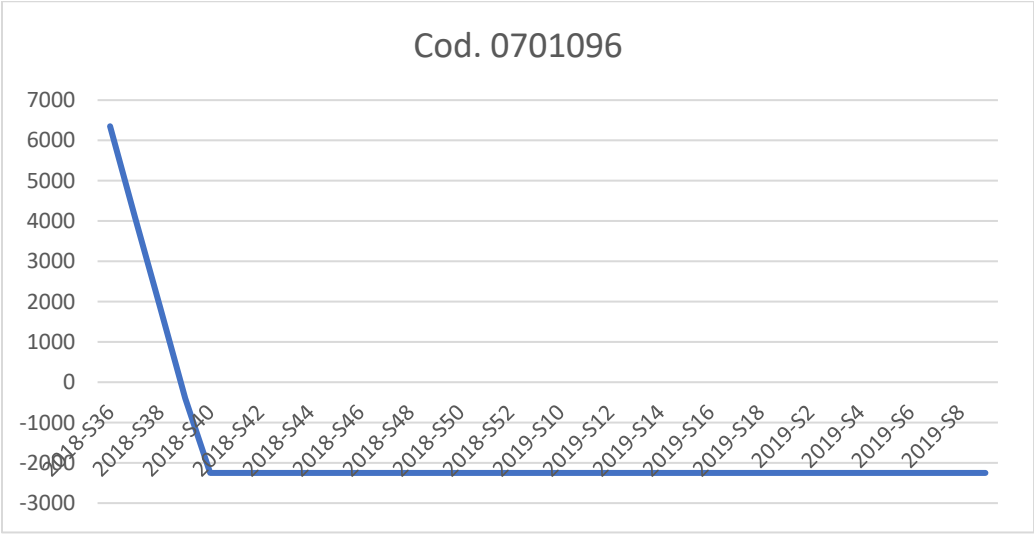


Figura 19. Gráfico del nivel de inventario futuro para la Volcanita Linen Grey, cod. 0701096. (Fuente: Elaboración propia)

Por lo tanto, con el stock disponible actual y los consumos proyectados se proyecta un quiebre de stock para la semana 2018-S38, será necesario generar una orden de reposición al menos una semana antes para evitar el quiebre dado al tiempo de respuesta de Volcán para comenzar con los despachos de reposición de inventario. Además, se genera el cálculo de la cantidad de unidades mínimas a comprar para responder a los pedidos de los próximos dos meses con lo cual se sugiere una compra por al menos 2.139 planchas del material. Con ello se estará abasteciendo de suficiente material para producción durante los próximos dos meses siempre y cuando el comprador se asegure de controlar las entregas del proveedor programadas para que el stock esté disponible en planta en cada semana. Dado el tiempo de holgura que tiene el comprador para realizar esta compra de producto anticipando la demanda, se podrá aprovechar de evaluar y negociar un mejor precio y tiempos de entrega adecuados para generar ahorros en la gestión de inventarios, agregando valor a través del proceso de compras de material. Es por ello que la responsabilidad del reabastecimiento de cada material recae sobre el comprador a cargo durante todo el proceso de compra, incluyendo el seguimiento de esta hasta que se ingresen todas las unidades adquiridas a la bodega de TecnoFast y se cierre la orden emitida.

Producto	Nombre	Diferencia STOCK VS 3 SEM	COMPRAR
701096	PLANCHA YESO CARTON VOL	-401	2.139

Figura 20. Cantidad a comprar para dos meses de stock de Volcanita Linen Grey, cod. 0701096. (Fuente: Elaboración propia)

En el caso contrario, para un producto de clasificación NO STOCK como es el caso del TERMO ELECTRICO WINTER DE 500 LTS. 9 KW.380 VOLT (Cod. 1805026), equipamiento cubicado sólo para el proyecto Quebrada Blanca, la compra sugerida sólo será por la cantidad de cubicación programada para evitar quedar con stock sobrante almacenado que luego quede

inmovilizado. De esta manera se busca aprovechar el costo de oportunidad del espacio utilizado por los productos sin rotación.

Producto	Nombre	Stock2	RATIO MES	PROM CONS MES ULT3MES	Cubicación 2 meses	COMPRAR
1805026	TERMO ELECTRICO WI	5	16	20	53	48

Figura 21. Ejemplo de cálculo de compra para el material de clasificación NO STOCK Termo Winter de 500 lts., cod. 1805026. (Fuente: Elaboración propia)

Será importante para el correcto funcionamiento y uso adecuado de la herramienta propuesta tener en cuenta lo siguiente:

1. La eficiencia de las estimaciones de consumo y cálculos realizados dependerán de la exactitud de los datos extraídos del sistema SAP. Por lo tanto, se debe mantener actualizado y cuadrado el inventario del sistema con respecto al inventario físico almacenado.

2. Realizar un seguimiento a las variaciones de los consumos semanales, puesto a que puede que en una semana aumente significativamente el consumo real de la operación con lo cual la compra realizada no será suficiente para evitar el quiebre y sea necesario volver a realizar nuevamente el análisis para realizar una nueva compra que cubra la diferencia.

3. Se define en conjunto con la gerencia la revisión mensual de la rotación de los materiales del modelo, para analizar si se está utilizando el material y determinar sus proyecciones de consumo futuras. De esta manera se busca mantener actualizado el listado de códigos considerados dentro del modelo de compras, eliminando aquellos códigos que se dejen de utilizar en la fabricación.

5.2. ANÁLISIS DE LA MEJORA

La reestructuración y nueva metodología de trabajo del área de abastecimiento de TecnoFast se analizó tanto desde el punto de vista del beneficio generado por el cambio, así como

también el costo en que se seguiría incurriendo de mantenerse la forma de trabajo anterior. Teniendo en cuenta que anteriormente se actuaba reactivamente ante los problemas que surgían con el día a día de la operación y que las responsabilidades recaían en pocas personas debido a la simplicidad de los procesos instaurados, se explican muchos de los quiebres de inventario al no anticiparse a los posibles riesgos operacionales. Para ello se explicitan las deficiencias de la administración saliente y así comparar contra los cambios realizados a partir de la nueva gestión.

Durante la administración anterior, todos los procesos del abastecimiento y distribución de material de inventario recaían sobre el gerente del área. Este se encargaba tanto del control de las cantidades almacenadas como de la determinación de los requerimientos y la compra del material. Sin embargo, si se toma en cuenta la variedad de productos utilizados para la construcción de los módulos y la gestión involucrada en la adquisición de estos, esta forma de trabajo resulta ineficiente debido a que no hay tiempo suficiente para que una persona revise uno a uno todos los códigos de materiales para evaluar la reposición. Además, está revisión era lenta debido a que había que verificar manualmente cuantas unidades estaban en el almacén. En consecuencia, varios quiebres de stock se producían debido a que no se tenía certeza sobre cuantas unidades estaban realmente en la bodega. A pesar de contar con un sistema ERP para el manejo de los niveles de inventario, este no se ocupaba de manera correcta y por lo tanto la información errónea que existía en el sistema no era de utilidad para el análisis de las compras y control del inventario. Más aún, la alerta de bajo stock recaía en el gerente o los jefes de bodega de forma manual para generar una solicitud de compra, por lo que muchas veces esta alerta sucedía cuando ya se generaba un pedido de material para el cual ya no había unidades disponibles en la bodega. La dependencia de las actividades en un par de personas supone otro riesgo operativo en cuanto a que estas se vuelven indispensables para el funcionamiento de los procesos. En caso de que estas personas falten, ya

sea por enfermedad u otro compromiso, o se vean sobrepasados por la carga de trabajo las actividades estarán paralizadas o no se realizarán eficientemente. Es por esto que el enfoque de la gerencia entrante es reforzar y reestructurar los procesos de manera de que estos funcionen de manera correcta independiente de quien los realice al identificar claramente los roles y responsabilidades de cada uno en el proceso.

El no tener las responsabilidades y roles bien definidos aumentaba el riesgo de quiebre debido al débil control sobre las actividades. Anteriormente los departamentos no tenían bien definidos y estipulados sus roles por lo cual en ocasiones cualquiera podía realizar alguna operación o actividad. Esto era una de las debilidades del proceso, en cuanto a que se podía trabajar en algo que ya se había realizado por otro departamento y se interponían las actividades entre los departamentos, generando confusiones en el control de las operaciones. Por ejemplo, antes tanto bodega como distribución realizaban movimientos de inventario con lo cual bodega no tenía control de todas las salidas y entradas al almacén. De esta manera se producían quiebres por no tener noción de las cantidades reales que quedan en inventario y no alcanzar a dar la alerta de compra a tiempo. Con la reestructuración del proceso y la implementación del modelo de compras se reduce este riesgo de quiebre al fortalecer el control del inventario por parte del equipo de bodega quien al mantener el inventario del sistema cuadrado podrá generar la alerta de compra de forma automática a través de los análisis de los datos del sistema SAP. Además, las tareas de cada departamento están bien estipuladas de manera que el proceso sea más fluido y que cada uno sea responsable de su aporte al proceso de reabastecimiento.

Por otro lado, el proceso de compra en la actualidad es más completo puesto a que cada comprador tiene definido una cartera de artículos sobre los cuales no solo debe realizar las compras necesarias para reabastecer la bodega, sino que realizar el seguimiento completo de la compra para

asegurar que estos materiales ingresen a la bodega (activación de la OC abierta) a tiempo para atender los pedidos de material diarios. Antes el análisis de los niveles de inventario futuros era errado dado a que muchas órdenes de compra antiguas quedaban abiertas y nadie se preocupaba de activarlas insistiendo sobre el proveedor para que entregue, con lo cual considerar estas unidades en el análisis significaba contar con unidades potenciales que en realidad nunca ingresaban a la bodega. Con los cambios realizados se obtuvo una mayor calidad de información utilizando los sistemas de información con los que cuenta TecnoFast para el análisis de las cantidades y tiempos de entrega en la reposición del inventario, a diferencia de cómo se trabajaba anteriormente en donde no se confiaba en la información que entregaba SAP debido al gran porcentaje de error de los datos. En ese sentido, el comprador ahora tiene una herramienta de utilidad para la toma de decisiones sobre las compras de materiales y así planificar la gestión de las ordenes de compra realizadas para que el material esté disponible para producción en todo momento.

En relación al modelo de compras, se cambia de una política reactiva ante los problemas de falta de existencia que se presentaban en la operación, a una política proactiva al anticiparse a los pedidos de material y planificar las recepciones del material a la bodega para asegurar la disponibilidad de productos para la fabricación de los módulos tanto de proyectos como de mantenciones. Anteriormente, las compras de materiales se realizaban replicando compras anteriores que cubrían el consumo que estaba teniendo la operación. Sin embargo, esto suponía un riesgo asociado de quiebre de momento que los consumos de la planta aumentaran y se consumiera el stock adquirido antes del periodo de revisión debido a que una sola persona no podía estar revisando todos los códigos utilizados a la vez. Con la incorporación del modelo de compras la revisión es mucho más rápida y automática, realizando el análisis conjunto de todos los materiales

identificados como STOCK y NO STOCK al mismo tiempo. De esta manera se atenderá con anticipación aquellos códigos de material que no tengan inventario almacenado suficiente para los consumos de los próximos meses con la información actualizada diariamente de los consumos y las compras pendientes de entrega del proveedor.

El gran cambio realizado a través del modelo de compras es tener una adecuada proyección de la demanda de materiales a futuro para anticiparse a la falta de existencias. En ese sentido sobresalta la importancia de las cubicaciones generadas para la estimación de los requerimientos de fabricación y montaje de módulos. Las cubicaciones son fundamentales para la planificación del abastecimiento para TecnoFast, es decir, toda planificación del reabastecimiento de bodega debe partir desde una cubicación total de los proyectos a construir. Antes la fabricación del proyecto comenzaba antes de tener bien definidos los materiales a utilizar ni tampoco las cantidades requeridas para completar el proyecto, esto debido a que la ingeniería del proyecto no estaba terminada y ni siquiera se contaba con los planos definitivos del mismo dado a que aún se negociaba el alcance con el cliente. Esta manera implica un gran riesgo de incurrir en gastos innecesarios por comprar más de lo requerido para el proyecto o que se compre menos y luego se produzca un quiebre de stock. Por lo tanto, la cubicación supone un requerimiento mínimo de material de STOCK para la fabricación del proyecto, así como un requerimiento total para los productos de NO STOCK. El no contar con las cantidades cubicadas de cada material ha generado el excedente de unidades sin rotación almacenadas en bodega, así como también explica en parte los quiebres de stock al realizar compras de menor cantidad al requerimiento real de fábrica. En definitiva, los esfuerzos de la gerencia actual para poder reducir la incertidumbre de la demanda de material están dirigidos en generar programas de cubicación para todos los proyectos, de manera de calcular anticipadamente cuanto material será necesario tener almacenado para cada semana

del proyecto, administrando y controlando las cantidades de material entregado a producción y terreno. A través del modelo de compras no sólo se atienden estas cantidades cubicadas sino también los niveles de consumo de la operación dado a que generalmente se utiliza más material debido a la pérdida y deterioro de material en la fábrica. Por lo tanto, siempre se tendrá a lo menos un mínimo de material necesario que esté estipulado a través de las cubicaciones. Cabe destacar que a futuro el objetivo será la planificación de las cubicaciones con un grado mayor de exactitud tanto de los proyectos como de las unidades de negocios tipo job-shop, de manera de controlar las entregas de material a las áreas productivas de acuerdo a un programa de entregas del material necesario para la producción semanal, incluso sin la necesidad de esperar los pedidos de material dado a que se podría tener con anticipación la consolidación del material para la semana entrante.

En relación al beneficio en la compra, el modelo de compras podrá generar ahorros al contar con mayor tiempo para ejecutar el proceso de compras. A través de la herramienta se analizan las compras de manera anticipada para los próximos periodos con un mínimo de cantidad cubicada como pronóstico de demanda. De esta manera, el comprador tiene un mayor poder de negociación al realizar cada compra con tiempo. Al contar con más tiempo de preparación de la orden de compra se puede tener una cotización más robusta cotizar con varios proveedores en el mercado en donde la variabilidad en el precio puede llegar hasta el 50% entre el más barato y el proveedor más caro, y entre un 3% a 5% entre los proveedores más competitivos, generando ahorros tan solo al cotizar el mejor proveedor para luego decidir en base a la disponibilidad, capacidad y tiempo de reacción del proveedor. Por otro lado, se puede negociar un mejor precio al comprar por volumen, aprovechando los descuentos por cantidad que puede ofrecer el proveedor, dado a que al comprar con más tiempo se tiene un mayor poder de negociación frente a las distintas opciones de compra a evaluar. Además, con el modelo de compras se reducirá el riesgo de tener un único proveedor

para un artículo, dado a que esta dependencia podría ser crítica si el proveedor no entrega en los tiempos acordados y se genera un quiebre de stock que paralice las actividades de producción. Como política del área se ha establecido que en lo posible existan al menos tres proveedores o sustitutos por material, de manera que se pueda negociar un mejor precio con ellos y que en caso de contingencias se pueda reaccionar con otra compra antes que se acaben las existencias almacenadas. En definitiva, los ahorros generados por la implementación del modelo en la compra misma se deben a la ventaja de poder planificar y generar una compra que agregue mayor valor a la empresa.

5.2.1. ANÁLISIS CUANTITATIVO

La reestructuración del proceso de abastecimiento tiene como objetivo reducir la incertidumbre en los datos de entrada al modelo de compras y así tener una mayor calidad de información en los cálculos. Para comprobar esto se compararon los ajustes de inventario realizados al inicio del cambio contra los ajustes de inventario presentes (ajuste de inventario de abril de 2018 versus ajuste de inventario septiembre de 2018) de manera de verificar una reducción en las desviaciones de los registros en el sistema.

		Abril-18		Septiembre-18	
Familia	**LT**	**Desviación**	**%**	**Desviación**	**%**
Puertas	6 semanas	$ 23.242.168	63%	$ 9.565.206	12%
Maderas	3 meses	$ 45.503.445	20%	$ 87.714.509	6%

Tabla 6. Desviaciones de inventario antes y después del cambio. (Fuente: Elaboración propia)

La Tabla 6 muestra una disminución de la desviación de dos tipos de material críticos dado que, si no se tiene stock disponible de puertas o maderas, y no hay orden de compra para el reabastecimiento significará un retraso de 6 semanas y 3 meses respectivamente para que llegue el material a bodega a partir del momento en que se genere la orden de compra (en el caso de la

madera importada). Esta evidencia señala que con el cambio en el flujo del proceso se logra disminuir las diferencias de información útil para el análisis de la compra.

Otro signo del impacto de los cambios realizados se visualiza en las salidas de material de bodega registradas en el sistema SAP. Estas entregas de material van tendiendo al alza para aquellos códigos de interés incorporados al modelo, para un nivel promedio de PMs constante, reduciendo así la diferencia entre las entregas y los pedidos de material solicitados cada semana.

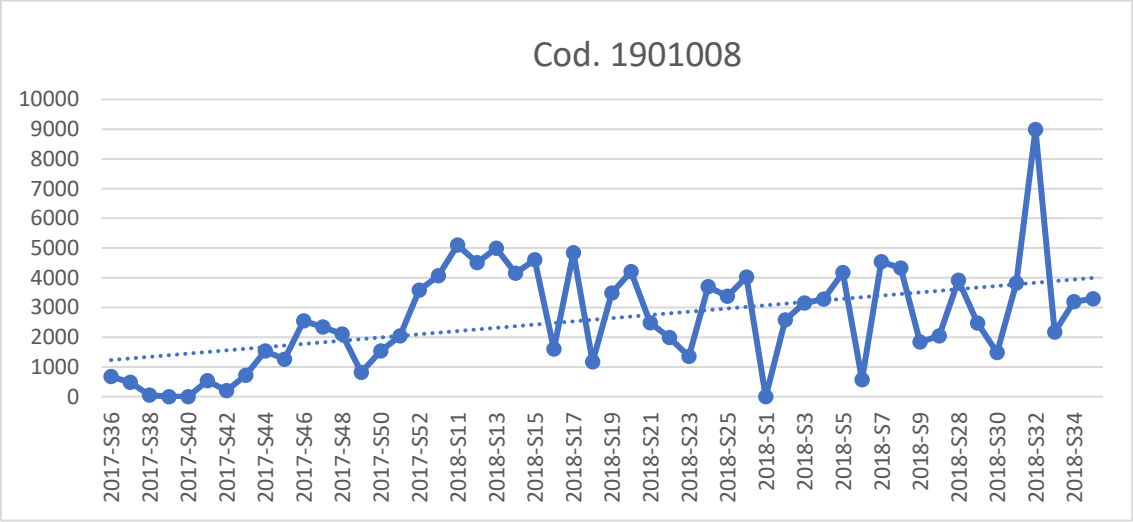


Figura 22. Salidas de bodega por semana para el Aislan Glass de 90 MM, cod. 1901008. (Fuente: Elaboración propia)

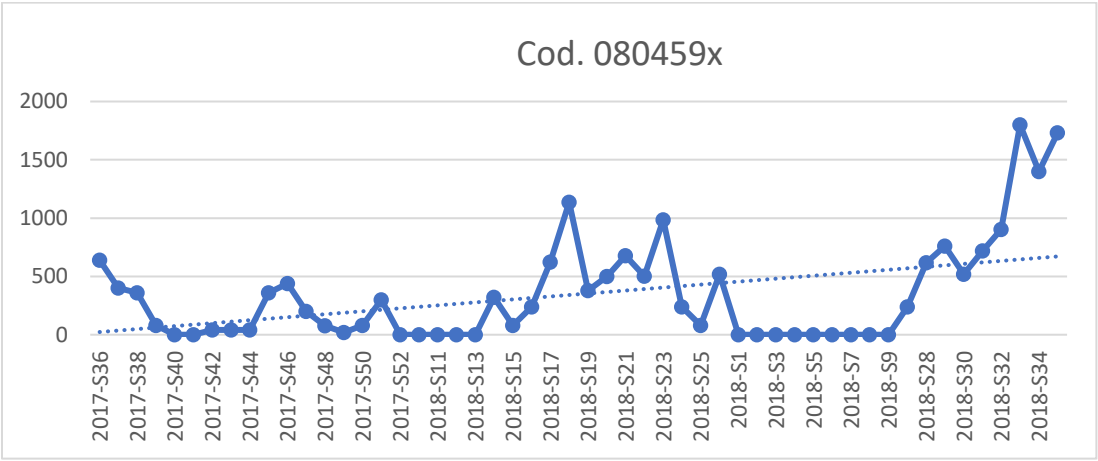


Figura 23. Salidas de bodega por semana para el Piso Vinilico de 2 MM Gris, cod. 080459x. (Fuente: Elaboración propia)

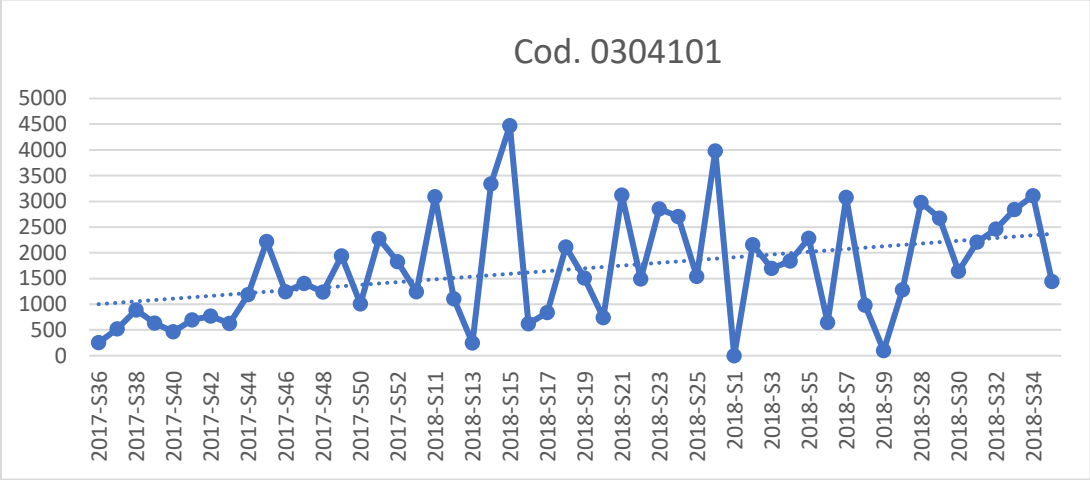


Figura 24. Salidas de bodega por semana para la Placa OSB de 9,5 MM, cod. 0301401. (Fuente: Elaboración propia)

Se aprecia de los gráficos de las entregas semanales anteriores para tres productos críticos de clasificación STOCK, que con el modelo de compras y las mejoras en los procesos se estabiliza las entregas de bodega que tienden al alza debido a la mayor disponibilidad de producto, disminuyendo así la cantidad de quiebres de stock.

En definitiva, con la implementación del modelo de compras se redujo la probabilidad de quiebre de un 45% a 10% en promedio para los materiales STOCK y NO STOCK integrados al cálculo. Es decir, el nivel de servicio del área de abastecimiento de TecnoFast aumento de un bajo 55% a un 90% en la satisfacción de los requerimientos de fábrica y montaje en terreno. Lo siguiente será cuantificar el beneficio económico generado por la nueva política de compras y reabastecimiento.

Año	0	1	2	3	4	5
Costo		$(32.717.334)	$(35.989.068)	$(39.587.975)	$(43.546.772)	$(47.901.449)
Ahorro		$97.416.000	$97.416.000	$97.416.000	$97.416.000	$97.416.000
Inversión inicial	$(6.767.000)					
FCN	$(6.767.000)	$64.698.666	$61.426.932	$57.828.025	$53.869.228	$49.514.551

Tasa de descuento	12%
VAN	$ 203.460.440

Tabla 7. Flujo de caja del beneficio operacional al implementar el modelo de compras. (Fuente: Elaboración propia)

El flujo de caja de la Tabla 7 muestra el beneficio operacional de la implementación del modelo de compras considerando una reducción de la probabilidad de quiebre en un 20%. Los flujos negativos incluyen el costo de elaboración y programación del modelo, las remuneraciones de los nuevos integrantes del equipo contratados, y el costo de llevar el análisis actualizado. Los flujos positivos corresponden al ahorro económico de la reducción del quiebre de stock, considerando que esto conlleva a una reducción de la probabilidad de parar la planta y detener las actividades de producción de los proyectos. Sin embargo, este beneficio de reducción de stock no representa el real ahorro generado por el modelo puesto a que se asume una probabilidad de quiebre fija y que no la operación no reacciona ante este riesgo con algún material sustituto o alguna compra de emergencia. Es por esto que el real beneficio del modelo de compras será el ahorro potencial por la oportunidad de negociar un mejor precio con los proveedores. Para esto se calcula el costo total de las cantidades a comprar que arroja el modelo hasta fin de año (para cubrir la demanda de octubre a diciembre) para una disminución porcentual en el precio de compra de los productos y luego se compara con el costo total de esa compra considerando que se mantiene el precio de la última compra, obteniéndose la siguiente tabla con los ahorros respectivos.

Variación	**0,00%**	**1,00%**	**2,00%**	**3,00%**	**4,00%**	**5,00%**
Costo	$1.280.269.875	$1.267.467.176	$1.254.664.478	$1.241.861.779	$1.229.059.080	$1.216.256.381
Ahorro		$51.210.795	$102.421.590	$153.632.385	$204.843.180	$256.053.975

Tabla 8. Ahorro proyectado debido a disminuciones en el precio de compra. (Fuente: Elaboración propia)

Considerando que se esperan reducciones de precio por volumen de compra en torno al 3%, el ahorro esperado para el resto del 2018 será de alrededor de $153.600.000 con respecto a la

forma anterior de realizar las compras, en donde no se realizaba mucha gestión sobre las cotizaciones dado a que los tiempos eran acotados. Cabe destacar que este ahorro significa una mejor gestión de la compra y de la gerencia de abastecimiento al realizar compras consensuadas y justificadas que generan valor para la empresa a través de una mejor cotización, mayor poder de negociación y mayor cantidad de proveedores a evaluar.

Finalmente, es importante resaltar el costo de no implementar el modelo de compras y continuar trabajando de la manera anterior, el cual está asociado al riesgo financiero que implica incurrir en un quiebre de stock y no cumplir con las metas de producción. TecnoFast recibe ingresos por los proyectos por parte de los clientes de acuerdo al avance de la fabricación de los módulos, por lo tanto, un quiebre de stock que retrase la producción podrá provocar que se cursen las multas estipuladas en el contrato con la minera, las cuales están en torno al 10% del valor del contrato. Para el año 2018 se proyectaron 7.000 metros cuadrados mensuales construidos, los cuales generan ingresos mensuales por más de $7.000 MM (millones de pesos), lo cual se traduce a un promedio de $1 MM por metro cuadrado construido. Por lo tanto, diariamente se generan ingresos $318 MM por concepto de avance de fábrica. Con un margen de 20% de utilidad esto se traduce en $62 MM diarios en ingresos de los proyectos o $1.364 MM mensuales por ingresos. Sin embargo, el que se produzca un quiebre de stock que paralice la producción no solo disminuirá este margen de ganancia para costear la producción, fletes y montaje en terreno, sino que significará el pago de una multa que podría llegar hasta los $700 MM mensuales y la empresa podría tener perdidas en ese y problemas de liquidez para pagarle a los proveedores y subcontratos por los servicios. Por lo tanto, a través del modelo de compras se evita estos quiebres que pudiesen llevar a perdidas en el ejercicio, así como también a problemas de caja producto del menor ingreso que se recibe de los clientes al no cumplir con el avance estipulado en los contratos.

6. CONCLUSIONES

Es evidente que el abastecimiento en empresas del rubro de la construcción es fundamental para obtener un buen margen de utilidad final por los proyectos, debido al potencial de ahorro que se tiene por tener una buena gestión de las compras de inventario. En el caso de TecnoFast, no solo se busca generar ahorros a través de la compra, sino que resulta fundamental que no se produzca un quiebre de stock que paralice las actividades dado a que los ingresos por contrato están sujetos al avance en los metros cuadrados fabricados.

Sin embargo, la mala gestión de compras y el manejo del inventario almacenado a lo largo de los años ha producido un excedente de material sin movimiento, además de numerosos quiebres de stock a diario debido a las debilidades en el control de los procesos, la falta de roles bien definidos y la falta de información que justifique las compras realizadas dado al mal uso de los sistemas de información. Para solucionar este problema y reducir los quiebres de stock se genera un modelo de compras de reposición de inventario como una herramienta de análisis conjunto de las cantidades requeridas para atender los pedidos de material de la fábrica. De esta manera se logra atacar todos los códigos de interés identificados para los cuales se debe controlar los niveles de inventario para evitar que se produzca el quiebre.

A través de este modelo de compras simple programado en MS Excel se prueba que se reduce los quiebres de stock en un 20% con potencial de no quiebre a futuro si se realiza el análisis con anterioridad y se logra programar las entregas de los proveedores adecuadamente, controlando el riesgo de que estos no cumplan en los tiempos requeridos. Sin embargo, para lograr este objetivo se debió mejorar la calidad de información dado a que de manera contraria la incertidumbre en la exactitud de los datos de entrada del modelo generaría cálculos errados y por lo tanto no se evitaría el quiebre. Es por esto que se debió reestructurar el proceso de abastecimiento para lograr disminuir

la desviación de la información del sistema con los datos reales del inventario almacenado en la bodega. La importancia de este cambio en los procesos radica en que para poder generar un calculo adecuado de las cantidades de compras necesarias se debe tener certidumbre en relación a cuanto hay disponible, cuanto se necesitara a futuro, cuando deben llegar estas existencias, y cuantas unidades están por ingresar de ordenes de compra pendientes, a las cuales se les debe realizar un seguimiento para asegurar que estas estén disponibles en los tiempos de entrega programados.

Luego, se realizó el calculo de las cantidades de acuerdo a tres opciones de pronóstico de demanda, de manera de estar cubriendo tanto el mínimo cubicado para los proyectos como el consumo real de la operación dado a que la información no es 100% exacta. Con ello, se facilita la labor del departamento de compras al poder cotizar y negociar de mejor manera y justificadamente las próximas compras de reposición necesarias para atender los PMs futuros.

En definitiva, con la utilización de este modelo de compras se espera generar ahorros a través de la negociación de descuentos por volumen y una mejor cotización a varios proveedores en el mercado. Se espera un ahorro en torno a los $153.600.000 debido a una mejora del 3% en el precio de compra actual. Además, con este modelo se asegura controlar el riesgo financiero asociado a no completar las metas de producción pactadas con el cliente debido a la falta de material para construir.

5.2. RECOMENDACIONES

Una vez controlada la gestión de la compra y los quiebres de stock, los desafíos a futuro de la gerencia de abastecimiento de TecnoFast deberán estar enfocados en el manejo y almacenamiento de las existencias. Al contar con un almacén relativamente acotado para el nivel de inventario que se maneja en la empresa es crítico ordenar de mejor manera la disposición de los

productos en la bodega. Evaluar la implementación de un WMS y un sistema de picking de acuerdo a la rotación de inventarios podría ordenar la forma de trabajo de la bodega y además disminuir las pérdidas por deterioro o mal manejo del material almacenado. Para ello será necesario el cálculo de la capacidad real del almacén para luego establecer las posiciones de los artículos y los volúmenes máximos que se pueden almacenar. De esta manera se tendrá una mejor distribución de los materiales almacenados y no se perderá tanto material por no estar en los espacios asignados.

En cuanto al nivel de servicio, será necesario evaluarlo a través de mejorar el fill-rate (completación de pedidos) de los PMs y además que estos se entreguen en los tiempos adecuados (on-time). De esta manera se podrá realizar gestión sobre como se entregan los pedidos y en qué cantidades, de manera de apuntar a un sistema Just-in-time para atender completamente los pedidos de material de la planta.

Finalmente, el área de compra ahora tiene el potencial de mejorar los precios negociados para generar valor a la empresa. Además, será necesario evaluar a los proveedores de acuerdo al cumplimiento de las entregas programadas, las cuales son fundamentales para que el material esté disponible para la construcción de los módulos en los tiempos requeridos y así no retrasar la entrega de los proyectos. De esta manera se tendrá mayor control sobre los proveedores, teniendo en cuenta que existe mayor tiempo para cotización con nuevos proveedores en el mercado. Incluso, a futuro se puede apuntar a la metodología VMI (Vendor Managed Inventory) en donde se involucra al proveedor dentro de la cadena de suministro de la empresa, generando sinergias que facilitan el proceso de reabastecimiento de material para TecnoFast.

Anexo A. Ejemplo de plano del proyecto Quebrada Blanca.

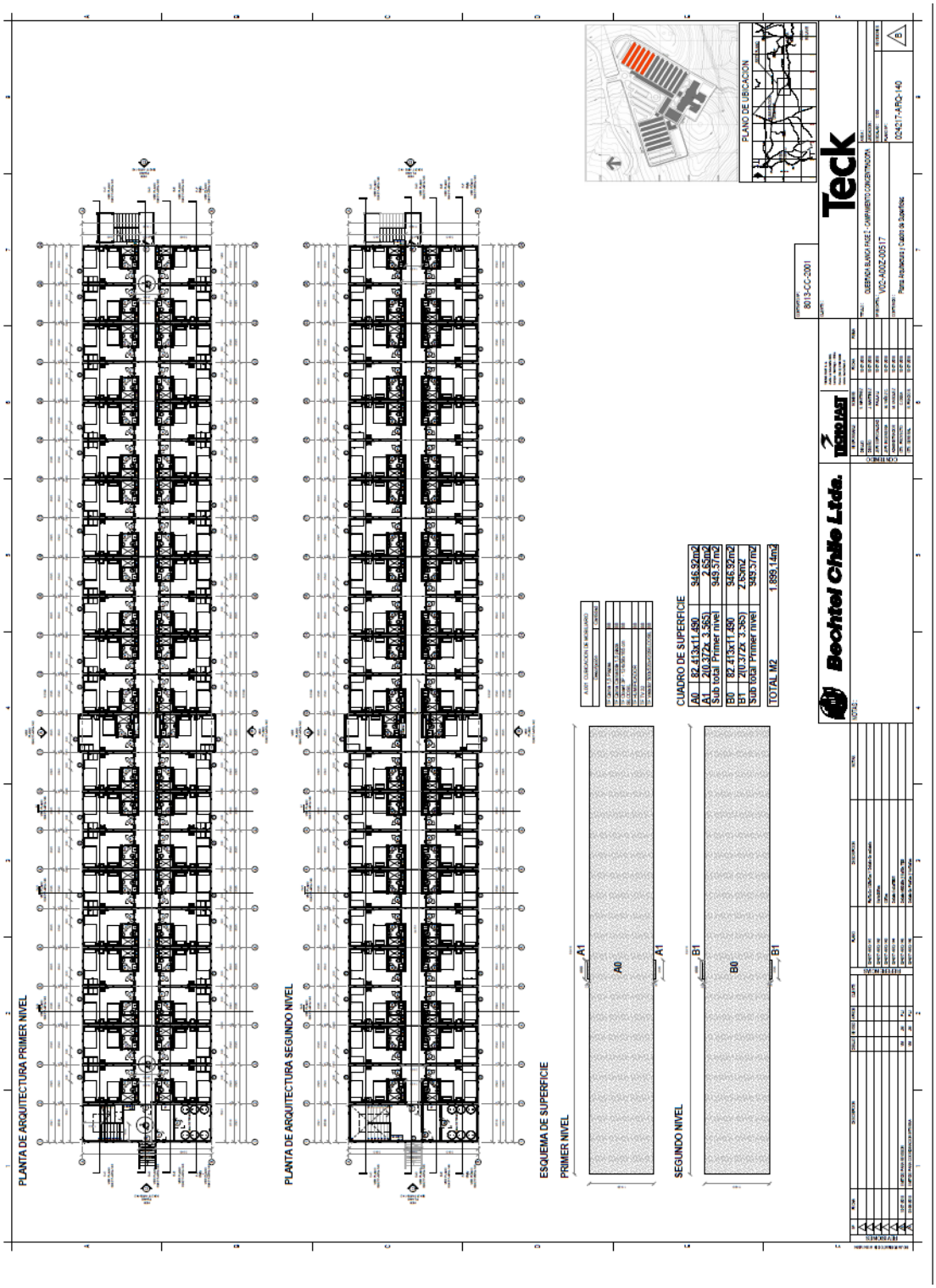


Figura 25. Ejemplo planos de proyecto Quebrada Blanca 2018. (Fuente: TecnoFast)

Anexo B. Programa de fábrica de TecnoFast, por línea productiva.

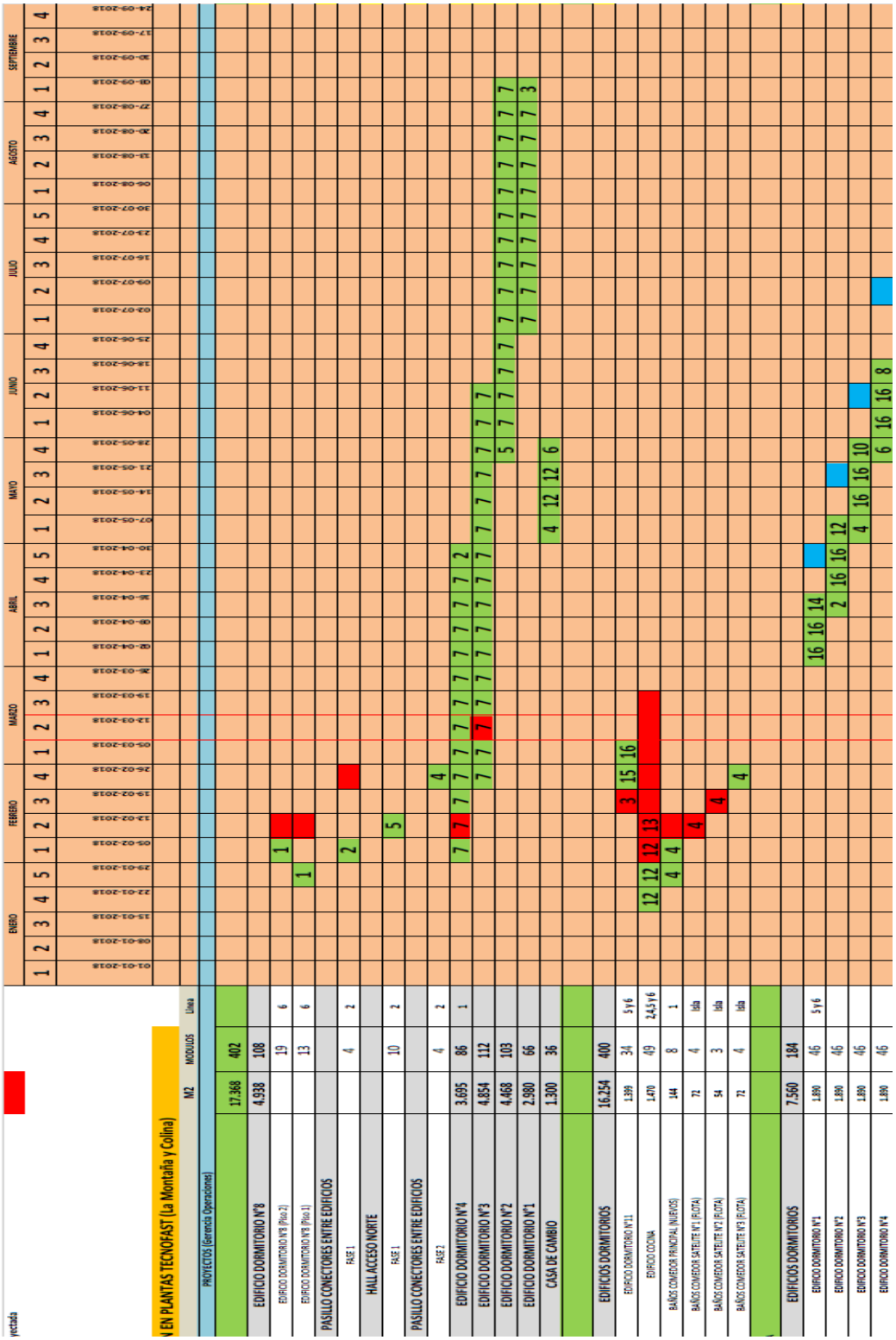


Figura 26. Programa de fábrica de las líneas de producción de TecnoFast por semana. (Fuente: TecnoFast)

Anexo C. Comandos MS Excel utilizados.

RATIO MES	PROM CONS MES ULT3MES	Cubicación 2 meses
3	0	0
145	8	972
7	0	8.746

Ejemplo Ratio Mes:

=SI(X13>Y13;X13;Y13)

Donde X13 = Proyección mensual histórica basada en 2017 para el 2018.

Y13 = Promedio consumo mensual 2018.

Ejemplo Promedio de Entregas:

=PROMEDIO(BS2:BU2)

Es decir, promedio simple de las salidas de bodega a producción de los últimos tres meses.

Ejemplo Cubicación:

=SUMA(X2:AF2)

Suma de las cantidades cubicadas de material para las próximas semanas.

COMPRAR
7.210

Ejemplo Cálculo de la compra:

=SI(BK8+S8-SI(J8="STOCK";MAX(2*T8;2*Q8;U8);U8)<0;-1*(BK8+S8-SI(J8="STOCK";MAX(2*T8;2*Q8;U8);U8));0)

Donde BK8 = Saldo de OC pendiente.

S8 = Stock disponible.

J8 = Clasificación de stock.

T8 = Ratio mes.

Q8 = Promedio de entregas últimos 3 meses.

U8 = Cantidad de cubicación.

Anexo D. Clasificación de Stock.

407166	STOCK
707002	NO STOCK
407170	STOCK
407185	STOCK
407278	STOCK
1902002	NO STOCK
907015	NO STOCK
1101117	NO STOCK
407307	STOCK
407423	STOCK
407717	STOCK
407795	STOCK
408010	STOCK
1101864	NO STOCK
408013	STOCK
408014	STOCK
410018	STOCK
410124	STOCK
407090	STOCK
1405006	STOCK
407880	STOCK
407025	STOCK
410014	STOCK
040748x	STOCK
1405032	NO STOCK
408088	STOCK
408072	STOCK
407008	STOCK
407092	STOCK
407163	STOCK
407363	STOCK
1701078	NO STOCK
1701094	NO STOCK
304015	NO STOCK
1701096	NO STOCK
1701097	NO STOCK
408071	STOCK
407053	STOCK
407052	STOCK
407017	STOCK
407022	STOCK
407024	STOCK
407031	STOCK
407050	STOCK
407058	STOCK
407065	STOCK
1801093	NO STOCK
1801094	NO STOCK
1801097	NO STOCK
1801143	NO STOCK
1801144	NO STOCK
407072	STOCK
407073	STOCK
1802035	NO STOCK
1802045	NO STOCK
1802050	NO STOCK
407085	STOCK
407123	STOCK
1802627	NO STOCK
407127	STOCK
1805026	NO STOCK
407332	STOCK

1805072	NO STOCK
407370	STOCK
407808	STOCK
407853	STOCK
407887	STOCK
408096	STOCK
410036	STOCK
407039	STOCK
410029	STOCK
401050	STOCK
407035	STOCK
407040	STOCK
2102013	NO STOCK
407057	STOCK
2104020	NO STOCK
407067	STOCK
407097	STOCK
407106	STOCK
407121	STOCK
407245	STOCK
407277	STOCK
407779	STOCK
408009	STOCK
408011	STOCK
408133	STOCK
408827	STOCK
410048	STOCK
2406003	NO STOCK
2501091	NO STOCK
2501158	NO STOCK
070210x	NO STOCK
2501314	NO STOCK
2103090	STOCK
040800x	STOCK
2501603	NO STOCK
2501608	NO STOCK
2501679	NO STOCK
2501686	NO STOCK
2501963	NO STOCK
2502004	NO STOCK
2502005	NO STOCK
2502010	NO STOCK
040403X	STOCK
2508861	NO STOCK
407154	STOCK
5005173	NO STOCK
408069	STOCK
408031	STOCK
1805226	STOCK
210150x	STOCK
608012	STOCK
5316070	NO STOCK
608013	STOCK
610007	STOCK
610019	STOCK
608004	STOCK
608002	STOCK
608014	STOCK
104005	STOCK
1104006	STOCK
5309009	STOCK
5309143	STOCK

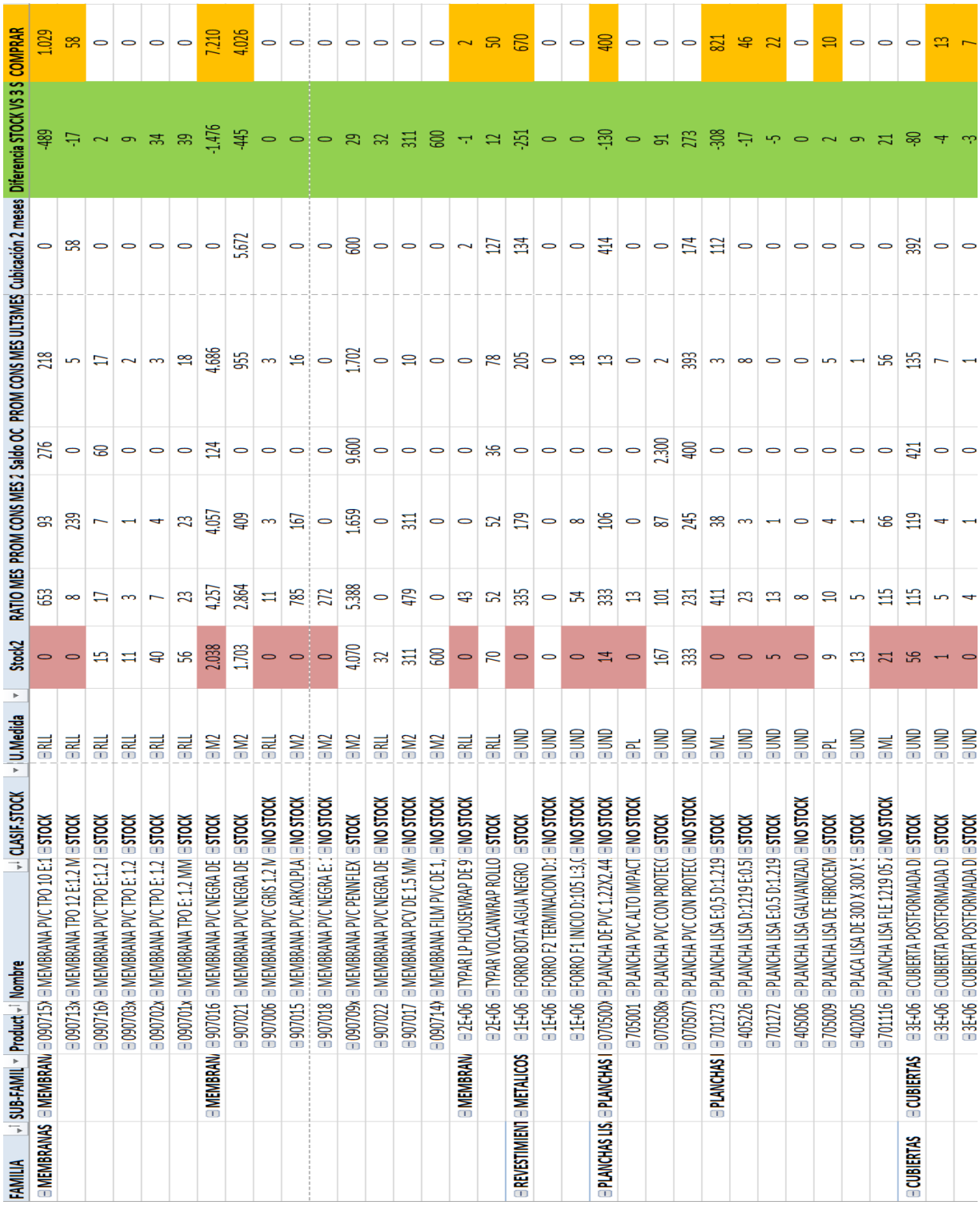
5314002	STOCK
070500X	NO STOCK
070507X	NO STOCK
1901039	STOCK
5314006	STOCK
5309470	STOCK
1901040	STOCK
5314003	STOCK
1610007	STOCK
1610023	STOCK
2507001	STOCK
2507002	STOCK
2507003	STOCK
2507006	STOCK
2507008	STOCK
2507009	STOCK
1805029	NO STOCK
2507005	STOCK
F	NO STOCK
617007	STOCK
2508862	NO STOCK
617016	STOCK
617018	STOCK
617020	STOCK
617054	STOCK
617055	STOCK
617057	STOCK
617060	STOCK
2103113	STOCK
1802018	NO STOCK
617021	STOCK
617019	STOCK
617031	STOCK
617056	STOCK
617061	STOCK
1507005	STOCK
2103763	STOCK
617003	STOCK
617005	STOCK
617027	STOCK
617044	STOCK
704011	STOCK
5005003	STOCK
907016	STOCK
1902003	STOCK
907021	STOCK
090709x	STOCK
030402x	NO STOCK
090715X	STOCK
090713x	STOCK
090701x	STOCK
090702x	STOCK
090703x	STOCK
090716X	STOCK
307032	STOCK
307096	STOCK
307123	STOCK
307124	STOCK
307125	STOCK
307127	STOCK

701183	STOCK
701253	STOCK
409027	STOCK
409016	STOCK
409002	STOCK
1805038	NO STOCK
307010	STOCK
307037	STOCK
810014	STOCK
1805136	NO STOCK
307003	STOCK
1805159	NO STOCK
307102	STOCK
409008	STOCK
701185	STOCK
307009	STOCK
307021	STOCK
307030	STOCK
307031	STOCK
307033	STOCK
307163	STOCK
070211x	NO STOCK
409007	STOCK
810007	STOCK
307004	STOCK
070409x	STOCK
2501239	NO STOCK
2501259	NO STOCK
110401x	STOCK
2501261	NO STOCK
2501265	NO STOCK
404184	STOCK
404028	STOCK
070504x	STOCK
070505x	STOCK
404001	STOCK
410050	NO STOCK
1402070	NO STOCK
1805134	NO STOCK
404252	STOCK
409015	STOCK
804067	NO STOCK
409018	STOCK
412418	STOCK
2501234	NO STOCK
2501236	NO STOCK
2501237	NO STOCK
408015	NO STOCK
2501238	NO STOCK
412592	STOCK
4122121	NO STOCK
404026	STOCK
2406040	STOCK
040402X	STOCK
030223X	STOCK
302002	STOCK
030224X	STOCK
302001	STOCK
030215X	STOCK
030216x	STOCK
1003012	NO STOCK
030217x	STOCK

030243X	STOCK
030225X	STOCK
302009	STOCK
030214X	STOCK
030230X	STOCK
030220x	STOCK
030219x	STOCK
030226X	STOCK
907017	NO STOCK
030231X	STOCK
030232X	STOCK
030201x	STOCK
302018	STOCK
302254	STOCK
408049	NO STOCK
030205x	STOCK
030206x	STOCK
030207x	STOCK
030208x	STOCK
030209X	STOCK
030210X	STOCK
030218X	STOCK
030222X	STOCK
030239X	STOCK
302020	STOCK
302017	STOCK
302263	STOCK
302024	STOCK
302003	STOCK
302016	STOCK
302019	STOCK
030203x	STOCK
302014	STOCK
301082	STOCK
302012	STOCK
302022	STOCK
302026	STOCK
030204x	STOCK
030213X	STOCK
030229X	STOCK
030241x	STOCK
302008	STOCK
302267	STOCK
030235x	STOCK
030236X	STOCK
030237X	STOCK
030238X	STOCK
302010	STOCK
302011	STOCK
302013	STOCK
302021	STOCK
030234x	STOCK
302004	STOCK
302005	STOCK
030202x	STOCK
030211x	STOCK
701058	NO STOCK
030212X	STOCK
030221x	STOCK
302245	STOCK
302257	STOCK
302270	STOCK

Figura 27. Clasificación de Stock por código de producto escogido para el modelo de compras. (Fuente: Elaboración propia)

Anexo E. Modelo de compras. (Tabla dinámica en MS Excel)



FAMILIA	SUB-FAMIL	Product	Nombre	CLASIF.STOCK	U.Medida	Stock2	RATIO MES	PROM CONS MES 2	Saldo OC	PROM CONS MES ULT3MES	Cubicación 2 meses	Diferencia STOCK VS 3 S	COMPRAR
MEMBRANAS	MEMBRANA	090715\	MEMBRANA PVC TPO 10 E:1	STOCK	RLL	0	653	93	276	218	0	-489	1.029
		090713x	MEMBRANA TPO 12 E:1.2 M	STOCK	RLL	0	8	239	0	5	58	-17	58
		090716\	MEMBRANA PVC TPO E:1.2	STOCK	RLL	15	17	7	60	17	0	2	0
		090703x	MEMBRANA PVC TPO E: 1.2	STOCK	RLL	11	3	1	0	2	0	9	0
		090702x	MEMBRANA PVC TPO E: 1.2	STOCK	RLL	40	7	4	0	3	0	34	0
		090701x	MEMBRANA TPO E: 1.2 MM	STOCK	RLL	56	23	23	0	18	0	39	0
	MEMBRANA	907016	MEMBRANA PVC NEGRA DE	STOCK	M2	2.038	4.257	4.057	124	4.686	0	-1.476	7.210
		907021	MEMBRANA PVC NEGRA DE	STOCK	M2	1.703	2.864	409	0	955	5.672	-445	4.026
		907006	MEMBRANA PVC GRIS 1.2 M	NO STOCK	RLL	0	11	3	0	3	0	0	0
		907015	MEMBRANA PVC ARKOLPLA	NO STOCK	M2	0	785	167	0	16	0	0	0
		907018	MEMBRANA PVC NEGRA E:	NO STOCK	M2	0	272	0	0	0	0	0	0
		090709x	MEMBRANA PVC PENNFLEX	STOCK	M2	4.070	5.388	1.659	9.600	1.702	600	29	0
		907022	MEMBRANA PVC NEGRA DE	NO STOCK	RLL	32	0	0	0	0	0	32	0
		907017	MEMBRANA PCV DE 1.5 MM	NO STOCK	M2	311	479	311	0	10	0	311	0
		090714\	MEMBRANA FILM PVC DE 1,	NO STOCK	M2	600	0	0	0	0	0	600	0
	MEMBRANA	2E+06	TYPAR LP HOUSEWRAP DE 9	NO STOCK	RLL	0	43	0	0	0	2	-1	2
		2E+06	TYPAR VOLCANWRAP ROLLO	STOCK	RLL	70	52	52	36	78	127	12	50
	REVESTIMIENT	1E+06	FORRO BOTA AGUA NEGRO	STOCK	UND	0	335	179	0	205	134	-251	670
		1E+06	FORRO F2 TERMINACION D:1	NO STOCK	UND	0	0	0	0	0	0	0	0
		1E+06	FORRO F1 INICIO D:105 L:3,(	NO STOCK	UND	0	54	8	0	18	0	0	0
	PLANCHAS LIS	070500\	PLANCHA DE PVC 1.22X2.44	NO STOCK	UND	14	333	106	0	13	414	-130	400
	PLANCHAS	705001	PLANCHA PVC ALTO IMPACT	NO STOCK	PL	0	13	0	0	0	0	0	0
		070508x	PLANCHA PVC CON PROTEC(	STOCK	UND	167	101	87	2.300	2	0	91	0
		070507\	PLANCHA PVC CON PROTEC(	NO STOCK	UND	333	231	245	400	393	174	273	0
	PLANCHAS	701273	PLANCHA LISA E:0,5 D:1.219	STOCK	ML	0	411	38	0	3	112	-308	821
		405226	PLANCHA LISA D:1219 E:0,5(	STOCK	UND	0	23	3	0	8	0	-17	46
		701272	PLANCHA LISA E:0,5 D:1.219	STOCK	UND	5	13	1	0	0	0	-5	22
		405006	PLANCHA LISA GALVANIZAD	NO STOCK	UND	0	8	0	0	0	0	0	0
		705009	PLANCHA LISA DE FIBROCEM	STOCK	PL	9	10	4	0	5	0	2	10
		402005	PLACA LISA DE 300 X 300 X :	STOCK	UND	13	5	1	0	1	0	9	0
		701116	PLANCHA LISA FLE 1219 05 /	NO STOCK	ML	21	115	66	0	56	0	21	0
	CUBIERTAS	3E+06	CUBIERTA POSTFORMADA D	STOCK	UND	56	115	119	421	135	392	-80	0
		3E+06	CUBIERTA POSTFORMADA D	STOCK	UND	1	5	4	0	7	0	-4	13
		3E+06	CUBIERTA POSTFORMADA D	STOCK	UND	0	4	1	0	1	0	-3	7

Figura 28. Tabla dinámica en MS Excel del modelo de compras elaborado. (Fuente: Elaboración propia)

Producto	Nombre	S-46	S-47	S-48	S-49	S-50	s51	s52	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8	s9	s10	s11	s12	s13	s14	s15	s16	s17	s18	s19	Cubicación Total
106022	ESPUMA EXPANSIVA POLIUR	27	23	27	23	-	-	-	-	-	27	23	-	-	-	-	-	54	46	-	-	-	-	54	46	-	-	642
2102284	GABINETE INCENDIO BASH 7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7040451	BUTILLO ROLLO DE 3.2 x 12	30	26	30	26	-	-	-	-	30	26	-	-	-	-	-	-	61	51	-	-	-	-	61	51	-	-	719
1901008	AISLAN GLASS 90 MM 0.37	5.064	4.296	4.978	4.104	370	370	295	219	4.445	3.734	-	-	-	-	-	-	8.890	7.468	-	-	-	-	8.890	7.468	-	-	109.803
1901038	AISLAN ROCA 90 MM D: 40 K	516	433	516	433	-	-	-	-	516	433	-	-	-	-	-	-	1.032	866	-	-	-	-	1.032	866	-	-	12.193
1901086	AISLAN GLASS 140 MM R100	696	598	662	530	102	102	85	68	509	428	-	-	-	-	-	-	1.018	856	-	-	-	-	1.018	856	-	-	13.619
1901229	POLIETILENO ALTA DENSIDAD	1.215	1.020	1.215	1.020	-	-	-	-	1.215	1.020	-	-	-	-	-	-	2.429	2.041	-	-	-	-	2.429	2.041	-	-	28.715
304034	PLACA OSB PLUS DE 1.22 X 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1901020	POLIETILENO BLANCO IMPRE	110	100	90	60	60	60	50	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	930
1901228	POLIETILENO ALTA DENSIDAD	81	73	69	49	49	49	41	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	701
7040461	BUTILLO ROLLO DE 3.2 x 19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1003845	CANALETA SELLADA CON TAP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4124161	CELOSIA PVC BLANCA DE 20x	40	48	40	48	40	-	-	-	-	-	48	40	-	-	-	-	-	96	80	-	-	-	-	96	80	-	1.136
1802635	CELOSIA BEAGLE 35 X 13 CM	40	48	40	48	40	-	-	-	-	-	48	40	-	-	-	-	-	96	80	-	-	-	-	96	80	-	1.136
4120051	CELOSIA ALUMINIO MATE 15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4121321	CELOSIA ALUMINIO MATE 20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1802515	CELOSIA ALUMINIO MATE 30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3080101	EMBALAJE MADERA PARA TE	5	5	5	5	5	-	-	-	-	-	7	5	-	-	-	-	-	13	11	-	-	-	-	13	11	-	149
1802516	CELOSIA ALUMINIO MATE 15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1802048	CELOSIA PVC 20X25 CM BLA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4120161	CELOSIA ALUMINIO MATE 40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4126181	CELOSIA ALUMINIO BLANCO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1802517	CELOSIA ALUMINIO MATE 25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1802518	CELOSIA ALUMINIO MATE 20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1802607	CELOSIA PVC BLANCA 17x17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1802620	CELOSIA ALUMINIO MATE D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1802659	CELOSIA BEAGLE 35.5 X 13.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2501348	CUBIERTA POSTFORMADA D	40	48	40	48	40	-	-	-	-	-	48	40	-	-	-	-	-	96	80	-	-	-	-	96	80	-	1.136
2501140	CUBIERTA CUARZO BLANCO (	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12
2501244	CUBIERTA CUARZO BLANCO (	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12
4080061	CLAVO DE 2" (862 IND.Y KIL	292	292	292	-	-	-	-	146	146	146	146	146	192	192	192	192	201	201	201	201	-	-	-	-	-	-	3.763
4080081	CLAVO 3 (170 IND)	613	613	613	-	-	-	-	306	306	306	306	306	402	402	402	402	421	421	421	421	-	-	-	-	-	-	7.890
2501245	CUBIERTA CUARZO BLANCO (	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12
2501783	CUBIERTA POSTFORMADA DI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2501231	CUBIERTA POSTFORMADA D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4080501	CONECTOR HANGER S/MPSO	1.491	1.253	1.491	1.253	-	-	-	-	1.491	1.253	-	-	-	-	-	-	2.983	2.505	-	-	-	-	2.983	2.505	-	-	35.254
2501493	CUBIERTA POSTFORMADA D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2501747	CUBIERTA POSTFORMADA D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1805274	EXTRACTOR S.B.P. MURO FUE	1	1	1	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	19
1805336	EXTRACTOR POLO DE 4 VAZ	40	48	40	48	40	-	-	-	-	-	48	40	-	-	-	-	-	96	80	-	-	-	-	96	80	-	1.136
1805139	EQUIPO SPLIT MURO CLARK	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1508003	ADAPTADOR SHUKO 2P+T 16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1805047	TERMO ELECTRICO VERTICAL	2	2	2	2	2	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18
1805063	TERMO ELECTRICO VERTICAL	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
1805144	TERMO ELECTRICO 50 LTS 15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15

Figura 29. Cubicación semanal de materiales por código de producto del modelo de compras. (Fuente: Elaboración propia)

Producti	Nombre	CLASIF.STO	S-37 (10-0	S-38 (17-0	S-39 (24-0	S-40 (01-1	S-41 (08-1	S-42 (15-1	S-43 (22-1	S-44 (29-1	S-45 (05-1	S-46 (12-1	S-47 (19-1	S-48 (26-1	S-49 (03-1	S-50 (10-1	s522
090715X	MEMBRANA PVC TPO 10 E:1.2	STOCK	-163	-163	-163	-163	-163	-163	-163	-163	-163	-163	-163	-163	-163	-163	-163
090713x	MEMBRANA TPO 12 E:1.2 MM	STOCK	-5	-7	-5	-7	-5	-7	-5	-7	-5	-7	-5	-7	-5	-2	-2
090716X	MEMBRANA PVC TPO E:1.2 M	STOCK	11	6	2	-2	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
090703x	MEMBRANA PVC TPO E: 1.2 M	STOCK	10	10	9	9	8	7	7	6	5	5	4	4	3	2	2
090702x	MEMBRANA PVC TPO E: 1.2 M	STOCK	38	36	34	33	31	29	27	25	23	21	19	18	16	14	12
090701x	MEMBRANA TPO E: 1.2 MM IN	STOCK	50	45	39	33	28	22	16	11	5	-1	-6	-6	-6	-6	-6
907016	MEMBRANA PVC NEGRA DE 0	STOCK	866	-305	-1.171	-1.171	-1.171	-1.171	-1.171	-1.171	-1.171	-1.171	-1.171	-1.171	-1.171	-1.171	-1.171
907021	MEMBRANA PVC NEGRA DE 0	STOCK	987	271	-445	-716	-716	-716	-716	-716	-716	-716	-716	-716	-716	-716	-716
907006	MEMBRANA PVC GRIS 1.2 MM	NO STOCK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
907015	MEMBRANA PVC ARKOLPLAN	NO STOCK	0	0	0	0	0	0	0	-4	-4	-4	-4	-4	0	0	0
907018	MEMBRANA PVC NEGRA E: 1.	NO STOCK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
090709x	MEMBRANA PVC PENNFLEX I	STOCK	2.723	1.376	29	-1.318	-1.347	-1.347	-1.347	-1.347	-1.347	-1.347	-1.347	-1.347	-1.347	-1.347	-1.347
907022	MEMBRANA PVC NEGRA DE 0	NO STOCK	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
907017	MEMBRANA PCV DE 1.5 MM (	NO STOCK	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311
090714X	MEMBRANA FILM PVC DE 1,2	NO STOCK	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
1902002	TYPAR LP HOUSEWRAP DE 9	NO STOCK	0	0	-1	-1	0	0	0	-1	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-1
1902003	TYPAR VOLCANWRAP ROLLO	STOCK	51	31	12	-8	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20
1003429	FORRO BOTA AGUA NEGRO [	STOCK	-84	-84	-84	-84	-84	-84	-84	-84	-84	-84	-84	-84	-84	-84	-84
1003037	FORRO F2 TERMINACION D:1	NO STOCK	0	0	0	0	0	0	0	-66	-66	-66	-66	-66	0	0	0
1003038	FORRO F1 INICIO D:105 L:3,00	NO STOCK	0	0	0	0	0	0	0	-66	-66	-66	-66	-66	0	0	0
070500X	PLANCHA DE PVC 1.22X2.44X	NO STOCK	-37	-42	-51	-42	-51	-42	-51	-42	-51	-42	-51	-42	-51	-42	0
705001	PLANCHA PVC ALTO IMPACT(	NO STOCK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
070508x	PLANCHA PVC CON PROTECC	STOCK	142	116	91	66	40	15	-10	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25
070507X	PLANCHA PVC CON PROTECC	NO STOCK	312	294	273	255	234	216	195	177	149	131	110	92	61	43	43
701273	PLANCHA LISA E:0,5 D:1.219 F	STOCK	-103	-103	-103	-103	-103	-103	-103	-103	-103	-103	-103	-103	-103	-103	-103
405226	PLANCHA LISA D:1219 E:0.5M	STOCK	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6
701272	PLANCHA LISA E:0.5 D:1.219 F	STOCK	2	-2	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3
405006	PLANCHA LISA GALVANIZADA	NO STOCK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
705009	PLANCHA LISA DE FIBROCEMI	STOCK	7	4	2	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
402005	PLACA LISA DE 300 X 300 X 5 S	STOCK	12	11	9	8	7	6	4	3	2	1	-1	-1	-1	-1	-1
701116	PLANCHA LISA FLE 1219 05 ZA	NO STOCK	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
2501348	CUBIERTA POSTFORMADA DE	STOCK	8	-32	-48	-40	-48	-40	-48	-40	-48	-40	-48	-40	-48	-40	-34
2501493	CUBIERTA POSTFORMADA D:	STOCK	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
2501783	CUBIERTA POSTFORMADA DE	STOCK	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
2501231	CUBIERTA POSTFORMADA D:	STOCK	21	21	20	20	20	20	20	19	19	19	19	18	18	18	18
2501747	CUBIERTA POSTFORMADA D:	STOCK	41	38	36	33	31	28	26	23	21	18	16	13	11	8	6
2501240	CUBIERTA CUARZO BLANCO C	STOCK	1	1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
2501244	CUBIERTA CUARZO BLANCO C	STOCK	1	1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
2501245	CUBIERTA CUARZO BLANCO C	STOCK	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
4122004	PILAR 100X100X3 LARGO: 2.4	STOCK	-1	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4

Figura 30. Proyecciones de quiebre y niveles de inventario futuro por semana para cada código del modelo de compras. (Fuente Elaboración propia)

Anexo F. Análisis ABC.

Código	Descripción	Costo Total	Cantidad Acumulada	% Cantidad Acumula	Costo Acumulado	% Costo Acumul
1805220	EXTRACTOR HELICOCENTRIFUGO TD-250/100 S&P	$ 3.032.964	405.193	10,4%	$ 2.853.790.172	78%
2501117	PUPITRE UNIPERSONAL ESTRUCTURA METALICA ELECTROPI	$ 3.020.800	405.449	10,4%	$ 2.856.810.972	78%
2501631	LOCKER METALICO 2 CPOS GRIS 4 MEDIAS PTAS BLANCAS N	$ 3.014.400	405.497	10,4%	$ 2.859.825.372	78%
701111	REVESTIMIENTO R-5 E:0.4 MM AMI 12 BLANCA	$ 2.993.184	406.295	10,4%	$ 2.862.818.556	78%
701254	FIBROCEMENTO BASE CERAMICA 1.20 X 2.40 X 6MM PODS	$ 2.969.395	406.698	10,4%	$ 2.865.787.952	79%
1805052	EXTRACTOR CENT.CKB-1200 S&P	$ 2.947.588	406.721	10,4%	$ 2.868.735.540	79%
601022	OLEO SEMIBRILLO INDUST.RA:1000 (SAHARA) TINETA	$ 2.933.030	406.807	10,4%	$ 2.871.668.570	79%
2501024	ESCRITORIO ALM.MAPLE 18 MM 1000 X 400 X 825 (ESPER	$ 2.920.500	406.866	10,4%	$ 2.874.589.070	79%
090714X	MEMBRANA FILM PVC DE 1,2 MM CUBIERTA POLIESTER CO	$ 2.912.400	407.466	10,5%	$ 2.877.501.470	79%
408028	CLAVO HELICOIDAL INDUMAT DE 2.2 x 50 MM (CAJA 12.00	$ 2.853.600	407.640	10,5%	$ 2.880.355.070	79%
040402X	RIEL TIPO C	$ 2.845.236	409.123	10,5%	$ 2.883.200.306	79%
407044	TIRAFONDO HEXAGONO CORRIENTE DE 3/8x3 1/2	$ 2.816.645	452.456	11,6%	$ 2.886.016.951	79%
604019	ESMALTE ALQUICIDO ESTRUCTURAL NEGRO GALON (TRICOL	$ 2.807.380	452.815	11,6%	$ 2.888.824.331	79%
1401025	CERRADURA BAÑO ODIS MODELO 2058KSS POMO AC.INOX	$ 2.793.606	453.152	11,6%	$ 2.891.617.936	79%
701010	REVESTIMIENTO R-5 ESP:0.5 D:500 P/PINTADO	$ 2.749.940	453.604	11,7%	$ 2.894.367.877	79%
1805020	TERMO ELECTRICO DE 120 LTS.2.0 KW 220 VOL HORIZONT	$ 2.736.626	453.623	11,7%	$ 2.897.104.503	79%
1101062	KIT PTA. MDF 4 MM STYLUS (2V) VANO DE 700X2180mm M	$ 2.724.161	453.744	11,7%	$ 2.899.828.664	79%
1801020	TINA ESMALTADA BLANCA C/ANTIDESLIZANTE DE 1.30X0.70	$ 2.701.586	453.832	11,7%	$ 2.902.530.250	80%
1701201	LLAVE ANGULAR 1/2Hi X FLEXIBLE 15/16Hi 30 CM BS COD:	$ 2.700.126	454.881	11,7%	$ 2.905.230.376	80%
333464X	VIGA V6 PISO LONGITUDINAL DE 138X185X11546MM	$ 2.694.332	454.897	11,7%	$ 2.907.924.708	80%
407307	TIRAFONDO HEXAGONO CORRIENTE DE 3/8" x 41/2"	$ 2.693.160	492.302	12,6%	$ 2.910.617.868	80%
4122121	CHASIS METALICO CASA 2.0 T/CUBO DE 6.000x3.480x2.650	$ 2.690.200	492.304	12,6%	$ 2.913.308.068	80%
080416x	PISO VINILICO DPTVO.E:3M COD.6115 ROJO	$ 2.645.700	492.604	12,7%	$ 2.915.953.768	80%
080418x	PISO VINILICO DPTVO. E:3MM COD:4721 GRIS	$ 2.645.700	492.904	12,7%	$ 2.918.599.468	80%
080420x	PISO VINILICO DPTVO.E:3MM COD:6449 AZUL	$ 2.645.700	493.204	12,7%	$ 2.921.245.168	80%
2501687	CAMAROTE METALICO 1 PLAZA MODELO ROCA MINERO DE	$ 2.640.000	493.237	12,7%	$ 2.923.885.168	80%
307102	CUBREJUNTA MDF SIN PAPEL 5.5 x 40 x 2.40 MTS	$ 2.599.200	499.013	12,8%	$ 2.926.484.368	80%
704080	GYMP PVC 2 NACIONAL GRIS	$ 2.588.335	503.263	12,9%	$ 2.929.072.703	80%
807020	GOMA TUBULAR NEGRA DE 50 X 30 X 3.000 (UNION DE MC	$ 2.583.360	503.523	12,9%	$ 2.931.656.063	80%
1401167	CERRADURA FALCON LIBRE PASO MOD:W1015-626-ELI AC.	$ 2.563.614	503.961	12,9%	$ 2.934.219.677	80%
407038	TIRAFONDO HEXAGONO T.NEGRO DE 1/2" X 8"	$ 2.557.065	514.251	13,2%	$ 2.936.776.742	81%
2501376	TELEVISOR LED 32" HD MARCA RCA MODELO LED32HD710	$ 2.550.000	514.281	13,2%	$ 2.939.326.742	81%
410124	CONECTORE DENTADO SIMPSON DE 3 X 6 POR KILO (20,64	$ 2.541.574	515.819	13,2%	$ 2.941.868.316	81%
302022	PINO NACIONAL BRUTO CALIBRADO DE 2 X 6 X 3.20 METRO	$ 2.537.640	516.879	13,3%	$ 2.944.405.956	81%
307003	GUARDAPOLVO PVC 21/2" COLOR GRIS	$ 2.520.812	520.078	13,4%	$ 2.946.926.768	81%
1101159	PTA. MADERA SOLIDA MARA MODELO RUBI HV HOJA DE 80	$ 2.516.040	520.086	13,4%	$ 2.949.442.808	81%
5309009	ESLINGA P/TERMO 35x4000 MM	$ 2.512.400	520.657	13,4%	$ 2.951.955.208	81%
180118x	VANITORIO OVAL SONNET BLANCO	$ 2.508.781	520.913	13,4%	$ 2.954.463.989	81%

Figura 31. Análisis de códigos para método de clasificación ABC. (Fuente: Elaboración propia)

Anexo G. Análisis de rotación de inventarios de bodega TecnoFast.

Códi	Descripción	INICIO ENT	FIN JUNT	Inventario Promedio	Entregas 2017-S2 al 2018-S1	Entregas 1er semestr	Rotaci	Cobertura
104002	YESO ESPUMA (SACO 30 KG)	22	22	22	0	0	0,00	-
106001	SIKADUR 32 JUEGO A+B	0	20	10	50	0	5,00	73,0
106003	SIKADUR 31 CODIGO:3017790 A+B	28	24	26	85	14	3,27	111,6
106004	SIKA BINDA EXTRA (SACO 25 KG) PEGADO CERAMICA P	20	35	27,5	626	191	22,76	16,0
106015	SIKAFLEX 11 FC COLOR GRIS CARTUCHO 300 ML	0	6	3	0	0	0,00	-
106016	DYNACUP L.E.X ENVASE GALON (IMPREGNANTE MADER	50	48	49	41	2	0,84	436,2
106022	ESPUMA EXPANSIVA POLIURETANO SOUDAL 750 (ML)	0	5	2,5	105	95	42,00	8,7
106034	SILICONA ACRILICO BLANCA PINTABLE CARTUCHO 300 N	0	156	78	0	0	0,00	-
106045	SIKAFLEX 221 COLOR GRIS DE 300 ML (CAJA 12 UNIDADE	120	9	64,5	343	223	5,32	68,6
106061	SIKAFLEX 221 COLOR BLANCO DE 300 ML (CAJA 12 UNIDA	235	209	222	122	50	0,55	664,2
110001	MASILLA BASE SACO DE 30 KILOS PODS	2	19	10,5	17	4	1,62	225,4
111007	SEPARADOR CERAMICA 3 MM BOLSA 100 UNID. PODS	365	396	380,5	351	49	0,92	395,7
210293	CANCAMO OJO FORJADO TIRAFONDO DE 3/8" x 21/2"	130	124	127	6	6	0,05	7725,8
302008	PINO NACIONAL ESTRUCTURAL CEPILLADO 4/CARAS DE	0	3936	1968	9313	512	4,73	77,1
302010	PINO IMPREGNADO 2X6X3.05	0	1210	605	0	0	0,00	-
302012	PINO NACIONAL ESTRUCTURAL CEPILLADO 4/CARAS DE	720	600	660	3227	10	4,89	74,7
302021	PINO NACIONAL BRUTO CALIBRADO DE 2 X 4 X 3.20 MTS	2680	1280	1980	25166	23846	12,71	28,7
302022	PINO NACIONAL BRUTO CALIBRADO DE 2 X 6 X 3.20 MET	756	892	824	7844	7508	9,52	38,3
302026	PINO NACIONAL CEPILLADO 4/CARAS DE 2x8x3,20 MTS	1702	1700	1701	1905	202	1,12	325,9
302027	SERVICIO DE IMPREGNADO Y SECADO MADERA DIF.MED	15020,8	2155,77	8588,285	41266,08	7600,41	4,80	76,0
302267	PINO NACIONAL CEPILLADO 4/CARAS DE 2" x 10" x 3.20	75	75	75	41	0	0,55	667,7
303006	TRUPAN MDF LIVIANO DE 1.52 x 2.44 x 15 MM (42 PL X	157	160	158,5	419	253	2,64	138,1
303016	TAPACANTO PVC RECTO 2 X 23 MM MUL.	100	100	100	0	0	0,00	-
303018	TAPACANTO P.V.C. WENGUE 1807 22MMx 1,5MM	30	30	30	0	0	0,00	-
303020	MELAMINA ALMENDRA DE MASISA 1.83x2.50x15 MM	52	69	60,5	290	179	4,79	76,1
303021	TAPACANTO MELAMINA ALMENDRA CON PEGAMENTO	597	2716	1656,5	3572	1481	2,16	169,3
304002	PLACA SMART SIDE R-4 SPC-M111 DE 1.220X2.440X11.1 M	1795	3474	2634,5	3395	1484	1,29	283,2
304003	TERCIADO MDF ENCHAPADO PINO RECTO CODIGO: 5237	65	49	57	35	4	0,61	594,4
304012	CHOLGUAN LISO PLANCHA DE 1.520 x 2.440 x 2.4 MM	245	316	280,5	670	430	2,39	152,8
304014	TERCIADO FENOLICO BC MOLDAJE DE 1,22 X 2,44 X 15 mi	3205	7174	5189,5	25523	17819	4,92	74,2
304018	TERCIADO ESTRUCTURAL FENOLICO CPC DE 1,22 X 2,44 X	0	7916	3958	3000	1564	0,76	481,6
304019	TERCIADO FENOLICO CpC DE 1,22 X 2,44 X 18 mm	208	289	248,5	116	108	0,47	781,9
304020	TERCIADO FENOLICO CALIDAD CpD DE 1,22 X 2,44 X 15 m	5178	15	2596,5	11329	5224	4,36	83,7

Figura 32. Rotación de inventarios por código de material almacenado en bodega TecnoFast. (Fuente: Elaboración propia)

8. REFERENCIAS

Arana, F. (2015). *Gestión de inventarios en una empresa de repuestos automotrices.* (Memoria de título). Universidad de Chile. Santiago, Chile.

Aquilano, N., Chase, R., y Jacobs, F. (2003). *Administración de la producción*. The McGraw-Hill Companies, Inc. 12a. Edición.

Ballou, R. (2004). *Logística: Administración de la Cadena de Suministro (5ta ed.)*. Naucalpan de Juárez, Estado de México: Pearson Education.

Bernard J. La Londe y Douglas M. Lambert, (1978) "A Methodology for Calculating Inventory Carrying Costs", International Journal of Physical Distribution, Vol. 7 Issue: 4, pp.193 231, https://doi.org/10.1108/eb014398

Cámara Chilena de la Construcción, CChC (2017). Actividad del Sector Inmobiliario del Gran Santiago. Recuperado de: http://biblioteca.cchc.cl/datafiles/39580-2.pdf

Chapman, S. (2006). *Planificación de la producción.* Pearson Educación de México, 1a. Edición.

Chopra, S., y Meindl, P. (2007). *Administración de la cadena de suministro*. Pearson Educación de México, 3a. Edición.

Croston, J. (1974). Forecasting and Stock Control for Intermittent Demands. Operational Research Quarterly (1970-1977), Vol. 23, No. 3, pp. 289-303.

Eposito, E., y Passaro, R. (1997). Material requirement planning and the supply chain at Alenia Aircraft. *European Journal of Purchasing & Supply Management, 3(1),* 43-51.

Gujarati, D. (1978). *Econometría.* The McGraw-Hill Companies, Inc. 5a. Edición.

Hurtado J. (2017). Actividad del rubro inmobiliario del gran Santiago. Cámara Chilena de la Construcción, 6-10.

Lambert, D., y Stock, J. (1998). *Fundamentals of Logistics Management.* The McGraw-Hill Companies, Inc. 5th Edition.

Montgomery, D. (1976). *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting.* John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey.

Sahin, M., Kizilaslan, R., y Demirel, O. (2013). Forecasting aviation square parts demand using Croston based methods and artificial neural networks. *Journal of Economic and Social Research, 15(2),* 1-21.

Santa Cruz, A., y Correa, C. (2017). Previsión de Demanda Intermitente con Métodos de Series de Tiempo y Redes Neuronales Artificiales: estudio de caso. DYNA 81(184), 1-2.

Sharma, S. (2017). Inventory Carrying Cost. Inventory Parameters, 71–110. doi: 10.1007/978-981-10-4545-5_4

Silver, E., y Robb, D. (2007). Some insights regarding the optimal reorder period in periodic review inventory systems. *International Journal of Production Economics, 12(1),* 354-366.

Vidal, C. (2005). Fundamentos de la gestión de inventario. Santiago de Cali, Colombia: Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería.

Yévenes, P. (2017). *Propuesta de modelo de gestión de inventarios para el minimarket de la estación de servicio Shell Larraín 8511.* (Memoria de título). Universidad Técnica Federico Santa María. Santiago, Chile.