

UNIVERSIDAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UTEC

Carrera de Ingeniería Industrial



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE INDICADORES Y
POLÍTICAS DE INVENTARIOS PARA LA MEJORA
DE LA GESTIÓN DE REPOSICIÓN EN UNA
EMPRESA DE SERVICIOS LOGÍSTICOS**

Trabajo de investigación para optar el grado de bachiller en Ingeniería Industrial

Bryan Leonardo Chivigorri Quinde

Código 201510101

Asesor

José Antonio Larco Martinelli

Lima – Perú

Noviembre 2019

La tesis

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE INDICADORES Y POLÍTICAS DE INVENTARIOS
PARA LA MEJORA DE LA GESTIÓN DE REPOSICIÓN EN UNA EMPRESA DE
SERVICIOS LOGÍSTICOS**

[Claudia Fausta Maura Antonini Bova]

[José Antonio Larco Martinelli]

[Fabien Cornillier]

Dedicatoria:

La presente tesis está dedicada a mis padres y hermanos por su constante apoyo que me brindaron desde niño hasta el momento en el que estoy acabando mi carrera universitaria.

A mi abuela y mis tíos por tomarse la molestia de preocuparse de mí y mis estudios, cuando tenían otras cosas más importantes en las que pensar.

A mis profesores y compañeros de clase que durante estos cinco años me han ayudado a formar mi carácter, fortaleciendo mis virtudes y mejorando mis defectos. Y a todos aquellos fuera de la universidad que de alguna manera contribuyeron en mi desarrollo profesional.

Agradecimientos:

Agradezco principalmente a mi asesor, José, quien fue de gran ayuda en la realización de esta tesis.

Además, a los profesores Claudia y Fabien por el constante apoyo y seguimiento.

Finalmente, a la empresa Ransa, que tuvo la total apertura en brindar la información necesaria y las facilidades requeridas para la investigación.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	ix
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	15
2.1. Operadores Logísticos	15
2.1.1. Comparación de Party Logistics.....	15
2.1.2. Evolución de 3PL a 4PL.....	17
2.2. Planeamiento de la Demanda y Pronósticos.....	18
2.2.1. Desarrollo de un Pronóstico	19
2.2.2. Series de Tiempo	20
2.2.3. Estrategias de pronóstico	21
2.2.4. Modelos de Pronósticos.....	22
2.2.5. Exactitud en el Pronóstico	23
2.3. Gestión y Políticas de Inventario.....	24
2.3.1. Definición	24
2.3.2. Conceptos.....	24
2.3.3. Costo Total Relevante.....	25
2.3.4. Segmentación de los Inventarios ABC.....	27
2.3.5. Nivel de Servicio.....	28
2.3.6. Sistemas de Revisión de Inventario.....	28
2.3.7. Políticas de Inventario	29
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA	33

3.1. Objeto de Estudio	33
3.2. Variables de Decisión.....	33
3.3. Descripción de la Metodología.....	34
3.3.1. Obtención de Data e Información Relevante.....	34
3.3.2. Parámetros y Segmentación de Inventarios.....	36
3.3.3. Pronóstico de la Demanda	38
3.3.4. Políticas de Inventarios.....	40
3.3.5. Diseño del Dashboard.....	41
3.4. Validación del Modelo	41
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Características Party Logistics.....	15
Tabla 2 Pasos del planeamiento de la demanda.....	18
Tabla 3 Variables del Costo total relevante	26
Tabla 4 Ejemplo de matriz multicriterio.....	28
Tabla 5 Ventajas y desventajas de las políticas	31
Tabla 6 Variables de decisión, objetivo y de contexto	34
Tabla 7 Reporte de inventario de cada producto por ubicación en el almacén.....	35
Tabla 8 Reporte de pedidos, base de datos limpia	36
Tabla 9 División por familia de productos vendidos en el 2019	36

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Journey map Ransa corporativo	13
Figura 2. Patrón con tendencia lineal / Patrón con tendencia estacional	21
Figura 3. Curva del costo total relevante	26
Figura 4. Política (R,Q) con demanda constante	30
Figura 5. Política (s,S) con demanda esporádica	30
Figura 6. Estructura de la metodología	34
Figura 7. Series de tiempo de familias Principales Vs Secundarias	39
Figura 8. Serie de tiempo de un SKU, sin cambios y con promedio móvil.....	39
Figura 9. Ejemplo de Dashboard en Power BI	41

RESUMEN

La gran competencia que existe en el mercado de los operadores logísticos ha crecido en gran medida en los últimos 5 años, por lo que estos necesitan tener un servicio diferenciador a la competencia de tal manera que agreguen valor a sus clientes. Es en este paso de brindar un mejor servicio en el que un operador 3PL tiende a evolucionar o escalar a un 4PL, pero se han dado pocos casos y sobre todo en empresas ya consolidadas. En las empresas 3PL los servicios más solicitados dentro de toda la gestión de cadena de suministros son el almacenaje y distribución de materiales por lo que es primordial para estas darles un mayor enfoque. Dentro de este enfoque se busca que tanto el cliente como el operador puedan ganar con las mejoras realizadas.

PALABRAS CLAVES:

Operadores logísticos, reposición, pronóstico, políticas, stock de seguridad, dashboard.

CAPÍTULO I - INTRODUCCIÓN

Los operadores logísticos nacen de la necesidad de empresas que requieren el uso del servicio de almacenamiento y transporte al menor precio con la finalidad de reducir sus costos y ser competitivos en el mercado; pero esto ha venido cambiando con el paso de los años [1]. Un proveedor 3PL es un operador logístico que administra, controla y entrega el servicio de actividades logísticas a otras empresas como los mencionados anteriormente [2]. Los principales beneficios que le trae a una empresa contratar un 3PL son: El operador logístico (OL) tiene un mayor expertise de cómo administrar las operaciones y logística, les permite ahorrar tiempo para que estos puedan enfocarse en la generación de mayores ingresos de la empresa; además, le brinda al cliente un beneficio económico al realizar las operaciones internas de movimientos y gestión logística reduciendo sus costos [3].

Existe una gran diferencia de los operadores logísticos entre las regiones a nivel mundial. De acuerdo a la revista N° 23 del SIICEX (Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior), se menciona que para el año 2015, los ingresos de los operadores logísticos 3PL en Latinoamérica representaban solamente el 4,82% del total mundial, mientras que Europa, con solamente un puesto por delante, cuenta con el 21,82% [4].

La agencia Moody's Analytics en su reporte "Panorama de América Latina 2019: Una leve recuperación", menciona que el mayor crecimiento del PBI lo tendrá Perú con un 3,7%, mientras que la región latinoamericana tendrá un crecimiento del 1,7% para el año 2019 [5]. En uno de sus reportes de noviembre del 2019, Scotiabank estimó que el crecimiento del PBI del país para el cierre del 2019 sería del 2.3% debido a la desaceleración que tuvo la economía durante el 2019 [6]. A pesar de esto, Perú continua entre los primeros con un mayor crecimiento esperado, lo cual tendrá como consecuencia el incremento en la demanda de operaciones logísticas por empresas que requieran el servicio. En una entrevista del 2015, realizada por el diario Gestión a Mary Wong, Gerente General adjunta de la empresa consultora GS1 Perú, menciona que el sector logístico ha estado creciendo entre 10% a 15%, pero ello no se debió a una mejora en la eficiencia de las operaciones [7]. Además, en el reporte realizado por el Banco Mundial del 2018, muestra que el desempeño logístico del

país ha decrecido 14 puestos desde el año 2016 al 2018 llegando al 83, solo por encima de Venezuela y Bolivia en América del Sur [8]. Por lo tanto, aunque en el Perú el mercado de los 3PL presenta un crecimiento importante y la capacidad de tener un crecimiento aún mayor, estos continúan siendo ineficientes en sus operaciones y no brindan un valor agregado a quien se le entrega el servicio[9].

En este contexto, la empresa Ransa, el operador logístico 3PL más grande del Perú en términos de ingresos [9], fue fundada en el país en el año 1939. Además, este tiene presencia en 7 países de Latinoamérica, donde el Perú concentra el 60% de su facturación anual. El operador 3PL, brinda 9 servicios de tercerización de operaciones logísticas, siendo el más utilizado el servicio de almacenaje, ya que es usado por el 61% del total de sus clientes.

De acuerdo con el Gerente de Transformación de Ransa, en el 2019, la empresa es más conocida por la marca que por un factor diferencial en el servicio brindado a sus clientes con respecto al de sus competidores. Ello puede ser perjudicial a mediano o largo plazo debido a la gran competencia que tienen en el mercado como Yobel, DP World (Neptunia en Perú) y Dinet. Con el paso de los años, estas empresas se vuelven más conocidas en el mercado y pueden reducir el *marketshare* que le costó tantos años a Ransa adquirir, es por esto que Ransa desea mejorar el servicio que brinda como OL.

En el 2018 un equipo de Ransa realizó una encuesta a 8 representantes de distinguidas empresas, con la cual se determinó que un punto de dolor que presentan los clientes, al pasar por todo el proceso del servicio del operador logístico, se encuentra entre la operación y post sales, ya que tuvo la calificación más baja (6.8 de 10). La operación es todo el proceso donde se ejecuta el servicio solicitado por el cliente, mientras que post sales es el servicio posterior que se le da al cliente para fidelizarlo más a la empresa y continúe siendo un cliente.



Figura 1. Journey map Ransa corporativo.

Uno de los objetivos que tiene la empresa a mediano plazo es evolucionar a un 4PL y con esto brindar un mejor servicio, por ello tendrá que enfocarse principalmente en 3 puntos. Deberá tener la capacidad de brindar un servicio logístico que integre los suministros y la demanda en su totalidad, se debe enfocar en agregar valor dentro de la organización del cliente y usar la información como uno de los activos más importantes en la gestión de la cadena [10]. Según la Gerente de Experiencia al Cliente, Ransa tiene una gran oportunidad de mejora en la utilización de la información que tienen de sus clientes para agregarles valor en sus operaciones logísticas.

Ransa viene brindando el servicio de almacenamiento a un cliente del sector HORECA (Hoteles, Restaurantes y Catering) por más de 10 años, el cual realiza un pago fijo por el espacio que ocupará su mercadería y un pago variable si es que este excede a lo negociado, siendo 15% a 30% más costoso. Además, este cobro extra se le ha realizado al cliente por cerca de 3 años. Con el objetivo de Ransa de brindar un servicio que le agregue valor al cliente, esta tesis estará enfocada en identificar la segmentación, modelo de pronóstico y política de inventarios adecuada para el modelo de negocio del operador logístico.

El principal problema que tiene el OL, con respecto al almacenamiento brindado al cliente, es que presenta una deficiente gestión de reposición de inventarios debido al modelo básico con un horizonte de 1 semana que utilizan actualmente y que además es brindado por el cliente, por lo que se generan rompimientos de stock en productos clave y en otros que no son críticos, exceso de cobertura. En el 2018, Ransa envió el 6% de los pedidos incompletos debido, en la gran mayoría de los casos, al rompimiento de stock de algunos SKU's. El 10% de los SKU's que vienen de proveedores nacionales tienen un exceso de cobertura mayor a

20 semanas cuando el tiempo de entrega del proveedor como máximo es de 2 semanas y un descontento por parte del cliente por su percepción a que no existen mejoras en la gestión de sus operaciones.

Para lograr el objetivo principal de la tesis se deberá realizar lo siguiente:

Primero, identificar los parámetros del servicio logístico como lead time de entrega, costo por mantener y costo pedir; además de la información obtenida por cada familia y SKU con ayuda de la información estructurada (data de reportes) y no estructurada (entrevistas a los supervisores y jefes) brindada por la empresa.

Segundo, segmentar los SKU's almacenados y dirigidos dentro del Perú en volumen de ventas (soles) y criticidad. Agrupados ya, es más fácil fijar niveles de seguridad adecuados para cada uno de ellos.

Tercero, identificar un modelo de pronósticos adecuado para las series de tiempo que manejan los productos dentro del almacén de tal manera que la precisión del pronóstico sea la más óptima, esto puede darse de acuerdo al nivel, tendencia y estacionalidad que presenten las series.

Cuarto, identificar la política de inventarios más óptima, que se adecúe a la relación que tiene el cliente con sus proveedores con respecto a la entrega de mercadería hacia el almacén y a su vez el sistema de revisión de inventarios.

Finalmente, seleccionar un modelo de soporte de decisiones que pueda integrar lo antes mencionado de tal manera que sea de utilidad para el OL y el cliente que recibe el servicio.

CAPÍTULO II – MARCO TEÓRICO

La inversión que realiza una empresa en inventarios de materia prima, productos en proceso y productos terminados es enorme y al estar atada ofrece un gran potencial de mejora [11]. En el caso de esta tesis, es el operador logístico quien se deberá encargar del control de los inventarios del cliente con el fin de brindarle un mejor servicio, pero este se encuentra limitado por la información que su cliente le brinda acerca de las promociones, nuevos productos y salida de otros. Para realizar un mejor control de los inventarios y su respectiva reposición, se deberá realizar un planeamiento de la demanda basándose en un pronóstico de despachos para conocer la cantidad futura y luego establecer políticas que permitan controlarlas con el fin de reducir costos.

1. Operadores logísticos

Un operador logístico (OL) es una empresa capaz de gestionar y proveer una parte o la totalidad de la cadena de suministros, y puede llegar a brindar desde el almacenamiento, gestión de inventarios, transporte y distribución hasta el sistema de información usado por el cliente [12].

1.1 Comparación de Party Logistics (PL)

En la siguiente tabla se muestra los servicios que los OL pueden llegar a brindar, los tiempos de contratos que se regularmente se tienen entre cliente – proveedor y las principales características que definen a cada uno de los OL.

Operador Logístico	Principales Características	Servicio	Tiempo de contratos
1 PL	o Se tiene un trato como cliente/ proveedor o Dueño solamente de los equipos de transporte	Transporte (para un remitente o receptor de productos)	Corto Plazo
2 PL	o Se tiene un trato como cliente/ proveedor o Dueño solamente de los equipos de transporte y almacenaje	Transporte y almacenamiento	Corto/ Mediano plazo

	o Integración de ambos servicios		
3 PL	o El OL va tomando mayor importancia en las decisiones logísticas y operativas tomadas por el cliente o Comienzo de la integración de la cadena de suministros o Mientras el cliente diseña la cadena de suministros, el OL garantiza la correcta operatividad de la cadena	Transporte, manipulación, almacenamiento, trazabilidad de productos, gestión de inventarios	Mediano/ Largo Plazo
4 PL	o Integración de los sistemas de información a la cadena o Es el OL quien se encarga totalmente de las operaciones, logística y consultoría; no hay necesidad de que el cliente mantenga un área que dirija lo mismo o El trato que se mantiene es de cliente - socio estratégico	Integración de toda la cadena de suministros del cliente además de los sistemas de información y consultoría de las operaciones	Largo Plazo
5 PL	o Está dirigido para un sector en especial, puede integrar la cadena de suministros de sus clientes y puede tomar decisiones de proveedores y compra de materiales o No es necesario que mantenga los activos del 3PL o 4PL, se encarga más de la gestión	Además de los servicios proporcionados por el 4PL, este puede integrar la red de cadena de suministros de los clientes en un mismo sector	Largo Plazo

Tabla 1. Características Party Logistics [11]–[14]

Con lo observado en la tabla anterior, observamos los saltos que se dan de un PL a otro, estos han ido evolucionando con el paso de los años y es en el siglo 21 en que el concepto de 5PL continúa siendo trabajado. Por lo tanto, mientras más alto sea el nivel de PL del proveedor, existirá mayor dependencia del cliente por lo que son usuales los contratos a largo plazo convirtiendo a ambas partes en socios estratégicos.

1.2 Evolución de 3PL a 4PL

En distintos artículos se menciona que un 4PL no tiene activos brindados para la operación de sus clientes sino que estos gestionan y contratan a operadores 3PL especializados en transporte, almacenaje u otros servicios con el fin de unir la cadena de suministros del cliente [11], [12]. No obstante, en otros escritos afirman que un operador logístico 3PL si puede llegar a evolucionar a un 4PL [13], [15] aunque resulte más complicado este cambio por la manera que vienen trabajando con anterioridad.

Los cambios principales que se dan en la evolución es en la integración total de la cadena de suministros del cliente, manejo del sistema de información y datos brindados del cliente, y la consultoría del 4PL a las operaciones o servicios brindados al cliente [15].

En un comienzo, los 3PL suelen especializarse en alguno o algunos de los servicios de operaciones y logística que brindan, al paso de los años estos van adquiriendo mayor capacidad para gestionar otros servicios y para poder alcanzar a un 4PL este debe integrar cada una de las operaciones que requiera el cliente uniendo así completamente su cadena de suministros [15].

El 3PL se enfoca en los activos de la empresa como por ejemplo en los servicios de transporte o almacenaje, pero para evolucionar, este deberá tener como enfoque principal el sistema de tecnología de la información [10]; es decir, darle el mejor uso a la información que se obtenga del cliente y mejorar la operatividad de la empresa.

Finalmente, la mayor diferencia que se da entre ambos operadores es en la mejora de las operaciones, un 4PL actúa a la vez como un ente consultor, que está en búsqueda de los puntos de mejora dentro de los procesos en la cadena de suministros.

Por lo ende, estos 3 puntos principales que caracterizan a un 4PL buscan un beneficio mutuo de cliente-proveedor, mientras que un 3PL busca maximizar el uso de sus activos sin necesidad de que esto pueda mejorar de alguna manera los costos o problemas que mantenga su cliente [10].

2. Planeamiento de la demanda y pronósticos

Para una adecuada gestión de los inventarios, es necesario contar con un buen planeamiento de la demanda. Esto se debe a que, una meta común que tienen este tipo de empresas es tener el menor inventario posible pero que así mismo sea suficiente para satisfacer completamente la demanda de productos por parte de los clientes[16].

Un pronóstico bien realizado puede ser de gran utilidad para una empresa ya que permite conocer las necesidades futuras que tendrá y le permita tomar decisiones sobre el reabastecimiento, anticipadamente [17]; pero a pesar de que un pronóstico sea certero, existe una probabilidad de que no sea directamente útil al decisor, además, existen factores externos que pueden cambiar un suceso o hecho esperado [18].

El planeamiento se refiere a la planificación de las acciones que se ejecutarán a futuro con el fin de que los pronósticos coincidan con los objetivos de una empresa [19]. Además, según Kilger, el planeamiento de la demanda es el proceso de pronosticar la demanda futura que solicitará el cliente y se encuentra dividida en 6 pasos [16].

Paso	Descripción
1	Recolección de data histórica existente y verificada de una base de datos
2	Cálculo de datos adicionales
3	Pronóstico de juicio, realizado por los planificadores y otras áreas.
4	Realización de un pronóstico por consenso de los planificadores enfocado a promociones y descuentos
5	Planificación de demanda dependiente como los componentes de los productos terminados

6	Compartir el pronóstico realizado a los stakeholders que les sea de utilidad esta información
---	---

Tabla 2. Pasos del planeamiento de la demanda[16]

Lo mencionado en la tabla anterior se refiere a los pasos necesarios para desarrollar un correcto planeamiento de la demanda. Como primer paso, la recolección u obtención de data histórica, la cual debe ser verificada de que esté de acuerdo a lo sucedido y en el caso no, se deberá realizar una limpieza de los datos asumiendo ciertos criterios que no perjudiquen a la obtención del pronóstico. Como segundo paso, los *planners* deberán realizar un pronóstico inicial estadístico basado en la elección de un modelo. Tercero, luego del pronóstico inicial se le realizarán ciertos ajustes con la ayuda de otras áreas como marketing, ventas y producción. Luego, en el pronóstico por consenso se definirá como exactamente cambiará lo pronosticado, realizando ciertos ajustes y promedios en los pronósticos. Después de haber realizado el pronóstico agregado, se podrá planificar la cantidad que se requerirá de insumos y partes para los siguientes meses. Finalmente, se deberá compartir la información de los pronósticos con aquellos que tengan poder de decisión sobre los inventarios y las ventas, principalmente al área de operaciones, producción y ventas.

2.1 Desarrollo de un pronóstico

Algunos autores mencionan que para poder realizar un pronóstico se deben seguir 5 pasos básicos, los cuales son: La definición del problema, recopilación de la información, análisis preliminar, elección y ajustes del modelo, y el uso y evaluación del modelo de pronóstico[18], [19].

La definición del problema conlleva a desarrollar un estudio profundo de cómo el pronóstico será usado, quién o quiénes lo utilizarán y cómo encaja la función del pronóstico dentro de la organización. Luego, la recopilación consta de dos tipos de información, data estadística y la experiencia acumulada de personal clave dentro del proceso, además esta puede ser obtenida de información existente o también recolectada. Después se realiza un análisis inicial de la data recolectada de manera visual y a través de estadística descriptiva; cuando existe más de una serie se puede verificar la relación que tienen con correlaciones, siendo

entendido como el valor cuantitativo de la relación entre dos o más variables, existirá una mayor relación entre series cuando el coeficiente se encuentre cerca del -1 o +1[20]. Se realiza la elección y ajuste del modelo que se adecúe a la serie de tiempo seleccionada con sus respectivos parámetros; en cada modelo se mantienen asunciones tanto implícitas como explícitas. Y finalmente el modelo seleccionado es puesto a prueba por los usuarios del pronóstico obteniendo pros y contras, el rendimiento de este modelo puede ser debidamente evaluado después que los datos del periodo del pronóstico estén disponibles [18], [19].

2.2 Series de tiempo

Para Silver, un patrón en la demanda histórica de un producto es una serie de tiempo de valores separados tomados en instantes de tiempo distintos y la demanda futura puede ser pronosticada mediante un modelo que se adecúe y ajuste a la complejidad del patrón [21].

Toda serie de tiempo puede llegar a estar compuesta por: nivel (a), tendencia (b), variación estacional (F), movimiento cíclico (C) y fluctuaciones aleatorias irregulares (E) [21].

El nivel (a) se refiere a la escala de las series de tiempo, si una serie de tiempo está compuesta solo por el nivel, esta tendería a ser constante en el tiempo. La tendencia (b) es el ratio de crecimiento o caída que tiene la serie sobre el tiempo. La variación estacional (F) puede resultar de dos maneras, una por fuerzas naturales y la otra por decisiones o costumbres humanas de la región. El movimiento cíclico es el cambio del crecimiento y caída de la actividad económica del negocio. Las fluctuaciones irregulares son el residuo de las mencionadas anteriormente y que deben de ser eliminadas de la serie de tiempo.

Además, usando los conceptos anteriores se puede formular un modelo multiplicativo o aditivo.

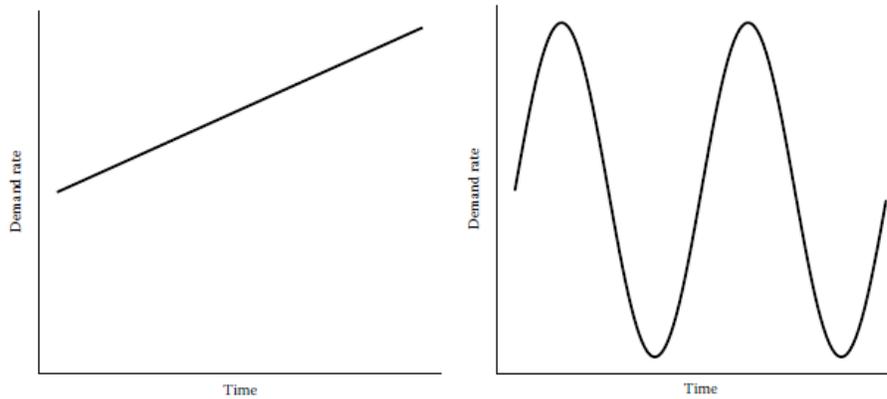


Figura 2. Patrón con tendencia lineal / Patrón estacional[21]

2.3 Estrategias de pronósticos

Según Hyndman y Athanasopoulos, en el libro “Forecasting: Principles and Practice”, para poder comenzar a realizar pronósticos a grupos de productos primero se deberá saber por qué tipo de estrategia se optará [19]. Las principales estrategias de pronósticos son las siguientes:

La estrategia Bottom-Up, se refiere a pronosticar desde los SKU’s de productos con un modelo definido y luego agregar cada uno de los pronósticos para obtener el pronóstico del grupo. Este puede pronosticar individualmente cada producto y mostrar el comportamiento de cada uno, pero al mantener data desagregada por producto se podría tener elevados errores por la variabilidad de los datos.

La estrategia Top-Down, se refiere a que primero se debe pronosticar el grupo de los productos y luego desagregarlo para así obtener los pronósticos de cada producto dentro del grupo. Al pronosticar el grupo la variabilidad de las series de datos se reduce y luego esta se desagrega tomando cada uno de los productos el mismo comportamiento que el grupo, lo cual, en muchos casos no sucede.

La estrategia reconciliada, se refiere a combinar estos dos conceptos y que los pronósticos puedan tener la característica de ambas estrategias. Aunque pueda ser una de las más exactas, esta también es la más compleja y en algunos casos se prefiere optar por alguna de las mencionadas anteriormente.

2.4 Modelos de Pronósticos

En los modelos de pronóstico de mediano a corto plazo se tienen los siguientes: promedio móvil, suavización exponencial simple, modelo Holt y suavización exponencial Winters [21].

El modelo de promedio móvil y el de suavización exponencial simple es usado para series de tiempo que solo manejan un nivel. El patrón de la demanda deberá estar representado por un valor histórico en el tiempo “t” será igual a un nivel más una cierta variación en el tiempo “t”[21]:

$$x_t = a + \epsilon_t$$

El modelo de Holt es más complejo, aparte del nivel se maneja la tendencia. El patrón de la demanda estará afectado ahora por la tendencia, teniendo el siguiente modelo[21].

$$x_t = a + bt + \epsilon_t$$

Usando simplemente el modelo Holt se puede tener una línea inclinada con una tendencia constante como pronóstico; pero con un tercer parámetro llamado “damped” o de amortiguación, convierte a la línea en una curva y que está demostrado que vuelve al pronóstico más exitoso con un horizonte de mediano o largo plazo [19]. Este nuevo parámetro está definido por ϕ el cual varía entre 1 y 0; mientras más cercano sea a 1, este se parecerá al modelo Holt original.

El modelo de suavización exponencial Winters o también llamado Holt-Winters es el más complejo de todos los mencionados anteriormente, pero está más relacionado con la realidad. Este modelo es usado para patrones de demanda que contengan nivel, tendencia y estacionalidad[21].

$$x_t = (a + bt)F_t + \epsilon_t$$

Este modelo presenta dos variables de suavización “alfa y beta” que van de 0 a 1 y presenta 3 ecuaciones[18].

$$\text{Nivel: } L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$$

$$\text{Tendencia: } \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$$

$$\text{Pronóstico: } L_t + b_t m$$

De los modelos mencionados, son Holt con amortiguación y Holt-Winter los más completos; el primero mejora el modelo con nivel y tendencia, pero no captura la estacionalidad de las series de datos. Mientras que el modelo Holt-Winter puede tener las tres variables de nivel, tendencia y estacionalidad, pero tiene una gran limitante y esta se basa en la cantidad de data histórica debido a si se desea pronosticar, por ejemplo, si se quiere pronosticar la demanda de un producto a 12 meses, este requerirá 24 meses de data histórica.

2.5 Exactitud en el pronóstico

La exactitud en los pronósticos se puede medir a través de la comparación entre el valor real de la demanda y el pronóstico generado para ese mismo periodo. Estas mediciones se pueden dar a través del error cuadrático medio (MSE), desviación media absoluta (MAD) y el error porcentual medio absoluto (MAPE)[21].

El MSE es el más sencillo de obtener matemáticamente (es usado también para optimizaciones estadísticas)[18], este se puede calcular de la siguiente manera[21]:

$$\text{MSE} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (x_t - \hat{x}_{t-1,t})^2 = \sum_{t=1}^n (e_{t-1,1})^2$$

El MAD fue originalmente recomendado para la simplicidad computacional, es intuitivo y es frecuentemente usado en la práctica. La fórmula sería la siguiente para cada uno de los n periodos[21].

$$\text{MAD} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |x_t - \hat{x}_{t-1,t}| = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |e_{t-1,t}|$$

EL MAPE es también intuitivo, no es afectado por los grandes valores dados por la demanda debido a que está dado en porcentaje, pero no es apropiado para ser usado cuando la demanda está dada por valores pequeños. La fórmula para el MAPE sería la siguiente[21]:

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{x_t - \hat{x}_{t-1,t}}{x_t} \right| = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{e_t}{x_t} \right|$$

Cuando la desviación estándar de los errores del pronóstico tienen una distribución normal se puede llegar a la siguiente relación entre el MSE y el MAD [21]:

$$\sigma = (\sqrt{\pi/2})\text{MAD} = 1.25 \text{MAD} \approx \sqrt{\text{MSE}}$$

Luego de haber realizado los pronósticos con el modelo Holt-Winter, estos errores pueden ayudar a conocer si el modelo utilizado es viable para la serie de tiempo utilizada, llamado también *Forecast Accuracy*. El error MSE no será tomado en el estudio debido a su simplicidad, mientras que los otros dos sí, debido a que tienen un mayor rango de comparación.

3. Gestión y políticas de inventario

3.1 Definición

La gestión de los inventarios se basa en controlar el flujo de artículos o productos que pertenecen a una organización. Una mala gestión de los inventarios puede conllevar a roturas de stock, un elevado costo de mantener el inventario, alteración de ciclos de compra-venta y un bajo nivel de servicio[22].

3.2 Conceptos

Los conceptos más importantes de la gestión de inventarios son los siguientes [21], [23] :

Cantidad a pedir (Q): es la cantidad que se tendrá que realizar como pedido al proveedor y está dada en unidades.

Demanda (D): es la demanda de unidades de productos requerida por el cliente.

Costo del producto (c): costo unitario del producto

Costo de mantener inventario (h): Es el costo de mantener una cierta cantidad de productos dentro del almacén.

Frecuencia de pedidos (f): representa la cantidad de pedidos que se realizará a un proveedor dentro de un intervalo de tiempo, se puede determinar como la demanda promedio (D) entre la cantidad a fija que se realizará como pedido (Q).

Tiempo entre pedidos (T): Es el tiempo que tomará desde que se realiza un pedido hasta el próximo y es la inversa de la frecuencia de pedidos.

Stock en mano (I-OH): En inglés, inventory on hand (I-OH), es el stock que se tiene actualmente en almacén.

Posición del inventario (IP): En inglés, inventory position (IP), es la suma del stock en mano más la cantidad pedida al proveedor.

Stock de Seguridad (ss): El stock de seguridad es aquel stock que le brinda al almacén una cierta holgura de inventario para no romper stock; este puede variar de acuerdo al nivel de servicio que se le quiera brindar al cliente.

3.3 Costo total relevante

El costo total de los inventarios está dado por tres factores, el costo de ordenar, el costo de mantener inventario y el costo de adquisición de los productos dados en el periodo de un año; pero el Costo Total Relevante (CTR) agrupa solamente a los dos primeros[21]. No se toma el costo de adquisición debido a que es lo que definitivamente se va a adquirir en el periodo de 1 año.

El costo total relevante tiene la siguiente estructura, donde el primero es el costo de mantener inventario y el segundo factor es el costo de ordenar[21]:

$$TRC(Q) = \frac{Q}{2}ic + \frac{D}{Q}A$$

Variables	Descripción
Q	Es la cantidad que se va a ordenar
$h=i.c$	multiplicación de i(Costo de mantener inventario %)*c(costo del producto)
D	Demanda en unidades (anual)
A	Costo incurrido al realizar un pedido

Tabla 3. Factores del Costo total relevante[21]

Al sumar ambos factores del costo total relevante da como resultado una curva, la cual muestra un Q óptimo de manera de que el costo sea el mínimo.

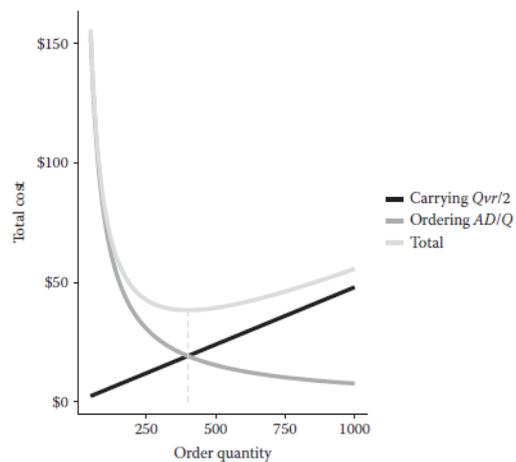


Figura 3. Curva del costo total relevante[21]

El Q óptimo o también llamado EOQ, este puede ser hallado derivándolo e igualándolo a cero obteniendo como resultado[21]:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2AD}{ic}}$$

Y reemplazando el EOQ dentro de la fórmula del TRC(Q), se obtiene lo siguiente[21]:

$$TRC(EOQ) = \sqrt{2ADh}$$

Además de los costos ya mencionados, existe también el costo de penalidad, que afecta cuando la empresa o entidad deja de tener inventario para abastecer al cliente y este puede optar por dos opciones, en el mejor de los casos esperar o por otro lado abastecerse de otro proveedor[23].

3.4 Segmentación de los inventarios ABC

La segmentación ABC es una técnica de categorización bien establecida basada en el principio de Pareto, determinando qué ítems serán prioritarios en la gestión de los inventarios de la compañía[24]. La clasificación se da con las letras A, B y C, siendo A, la más importante y en la que la gran mayoría se enfoca, tomando el costo por unidad o el uso (dólar-volumen)[25].

Según ciertos autores, mencionan que no es correcto usar solamente un criterio para segmentar a los inventarios, sino que tienen que tomarse distintos criterios para poder diferenciarlos [24] [25]. Estos criterios pueden variar en el valor del producto, obsolescencia, tiempo de entrega y criticidad en matrices.

		Obsolescence		
		Hi-risk	Med-risk	Low-risk
Dollar Usage	A	IMPORTANT	IMPORTANT	
	B		INTERMEDIATE	
	C			LOW CONCERN

Tabla 4. Ejemplo de matriz multicriterio[24]

3.5 Nivel de Servicio

Según Silver, son 3 los principales indicadores de nivel de servicio (N.S)[21]:

Cycle Service Level (CSL) – P1

Este indicador refleja la fracción de ciclos en los que no se reproduce un desabastecimiento (rotura de stock) sobre la cantidad de ciclos totales

Fill Rate (FR) – P2

Este indicador refleja la fracción de los pedidos entregados en su totalidad, sin *back orders* o *lost sales* sobre la cantidad de pedidos regulares que realiza el cliente.

Ready Rate (RR) – P3

Este indicador refleja la fracción de tiempo en el que el stock neto es positivo sobre el tiempo total en el que es analizado.

3.6 Sistemas de revisión de inventarios

Para que una orden pueda ser realizada, la posición de inventario debe estar por debajo del punto de reorden [21]. Un sistema de control de inventarios puede ser diseñado de tal manera que la posición de inventario pueda ser monitorizada continua o periódicamente[23].

Un sistema de revisión continua se refiere a que constantemente se conoce la cantidad de inventario de un producto, este tipo de revisión no es usual por lo que se opta por revisar el status de los inventarios luego de cada transacción de envío y recibo de productos, y esto se da gracias a los puntos de ventas (POS)[21]. Las ventajas que brinda este tipo de revisión es que no será necesaria una gran cantidad de stock de seguridad, pero puede tomar bastante tiempo a una persona o gran cantidad de dinero por un aparato que lo monitorice[23].

Por el contrario, en la revisión periódica, se conoce el inventario cada cierto lapso de tiempo, puede ser 1 día, 3 días o cada semana[21]. La ventaja que tiene este tipo de revisión es cuando se tiene que coordinar ordenes por diferentes ítems[23].

3.7 Políticas de inventarios

Según Silver, luego de haber categorizado a los ítems de acuerdo al ABC y haber seleccionado un tipo de control de inventarios, es tiempo de especificar la política de inventarios que ayudará a saber *¿Cuándo una orden podrá ser realizada?* y *¿Cuál será la cantidad a ordenar?*. [21]

Existen 4 políticas de inventario y están asociadas con un tipo de revisión, periódica o continua. Pero, según Axsater (2015), las dos más comunes son la (R,Q) y la (s,S).

La política (R,S), con revisión periódica cada R unidades de tiempo, hace referencia a que si en el momento que se realiza la inspección del inventario, este está por debajo del punto de reorden, se realizará un pedido de tal manera que el inventario tenga un nivel de "S"; es decir lo que se pide más lo que existe en stock siempre será igual a "S" al momento de pedir [21].

La política (R,Q), con revisión periódica, hace referencia a que en el momento que la posición de inventario esté por debajo del punto de reorden, se realizará una orden de una cantidad Q siempre fija que demorará un tiempo L(Lead Time) en llegar hasta el almacén, existen casos en los que la posición de inventario cae tanto que es necesario pedir 2 o más veces en el momento de reposición, por eso también es denominada política (R,nQ) [23].

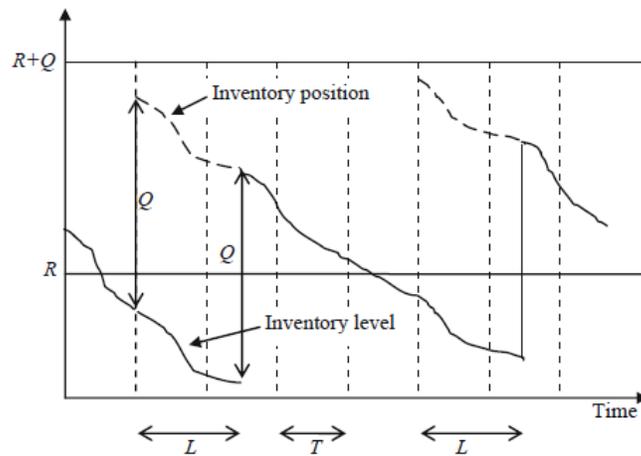


Figura 4. Política (R,Q) con demanda constante[23]

La política (s,S), con revisión continua, es parecida a la anterior política, pero cambia de manera que si la posición de inventario llegue al punto de reorden “s” de inventario, se realizará un nuevo pedido de tal manera que luego del lead time “L”, la posición de inventario retorne a ser igual a “S”[21].

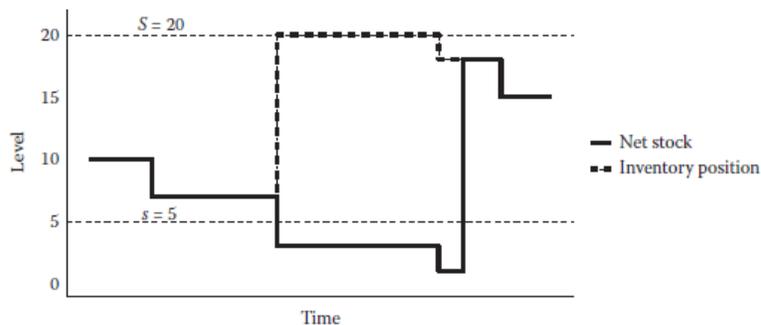


Figura 5. Política (s,S) con demanda esporádica[21]

La política (s,Q), con revisión continua, menciona que cada vez que el inventario en almacén llegue a “s” se realizará una reposición de inventarios igual a “Q”, lo cual le permite a proveedor saber la cantidad del producto “x” que el cliente pedirá [21].

Por último está la política (R,s,S) que es una combinación de las políticas (s,S) y (R,S). Las revisiones se realizarán periódicamente pero ahora existe el parámetro de reposición “s”, cuando la posición del inventario esté por encima de “s” se esperará al próximo periodo donde se encuentre por debajo y realizar un pedido donde lo que se pida más lo que se tiene en almacén sea igual a “S” [21].

Silver menciona sobre la “Regla del pulgar” para seleccionar el tipo de política requerida para las categorías A y B. Para la categoría A se puede optar por la política (s,S) y (R,s,S); mientras que para la categoría de productos B, (s,Q) o (R,S).

	Ventajas	Desventajas
(R,Q)	La cantidad de ordenar es la misma, por lo que facilita a que el proveedor sepa cuánto se pedirá. Conocimiento del personal en el momento de llegada del pedido	Es relativamente fácil quebrar stock, debido a la revisión periódica y a que solo se pedirá una cantidad Q La manera para no quebrar estaría en mantener un stock de seguridad alto
(R,S)	En este caso, la cantidad a ordenar varía hasta llegar a una posición de inventario igual a “S” Al ser una revisión periódica, este involucra menos tiempo y dinero	Esta política es la más usada, debido a que no es necesario un sistema de información Existe aún una probabilidad mayor a romper stock que políticas con revisión constante
(R,s,S)	En este caso se tiene un punto de reposición igual a “s” el cual es determinado. Esta política tiene menos probabilidad a la hora de romper stock. Es usada productos clase A.	Es el modelo más complejo de todos, en el cual se deben determinar los 3 factores por cada SKU (R, s y S)

(s,S)	Reducción del stock de seguridad Conocimiento del stock al momento lo que permite generar el pedido en el momento necesario y siempre a un tope "S"	En el caso que no se cuente con un sistema, tener a un operario revisando a todo momento el inventario es malgastar las h-h
(s,Q)	El proveedor de la mercadería conocer la cantidad o lote de pedidos que realizará el cliente. Conocimiento constante del stock. Dado para productos clase "B"	Necesidad de un conocimiento constante del inventario, lo cual toma mucho tiempo o gran inversión.

Tabla 5. Ventajas y desventajas de las políticas [21], [23]

Como se observa en la tabla anterior, una de las políticas más confiables y útil es la (s,Q); pero la gran desventaja es que necesariamente se requiere de una revisión constante. Son muchas las empresas que no cuentan con este sistema de revisión por lo que no pueden implementarla como política de inventarios.

CAPÍTULO III - METODOLOGÍA

1. Objeto de estudio

Se seleccionaron 391 SKU's de la cartera de productos del cliente almacenados en Ransa, los cuales tuvieron venta entre el periodo de enero a marzo del 2019 y que en este último mes contaba con stock dentro del almacén, estos productos pertenecen a una de sus franquicias de comida rápida. Estos SKU's se dividen en 10 grupos, siendo los principales: Alimentos, envases vacíos, papelería y útiles de limpieza. El estudio estará enfocado en la reposición de inventarios por lo que estará más enfocado en el *in-bound*, mientras que las salidas de inventario o pedidos realizados por clientes estarán agregadas para conocer la demanda por SKU y familia.

Se decidió por el negocio de comida rápida del cliente debido a que es más accesible para Ransa proveer la información, es el segundo con la mayor cantidad de posiciones y en los últimos 3 años tuvo que realizar un pago extra por las posiciones extras tomadas en otros racks.

Los principales criterios por los que se tomaron estos SKU's son: Primero, en la mercadería provista por proveedores locales, se tienen un exceso de cobertura en aproximadamente el 10% de los SKU's, esto se da cuando el lead time de reposición es mucho menor al tiempo de cobertura que tienen del producto. Segundo, para el año 2018, el 6% de los pedidos fueron entregados incompletos por rompimiento de stock de algunos productos clave. Por último, la capacidad de que el estudio pueda ser replicado en las otras franquicias del cliente y luego en el servicio de almacenamiento de Ransa ayudándolos en su objetivo de brindar un mejor servicio, así como a futuro poder brindar el servicio de gestión de reposición de inventarios.

2. Definición de variables

Las variables tomadas para el estudio están divididas en 3 partes: Variables de decisión, de objetivo y de contexto, y estas serán abordadas en la siguiente tabla.

	V. Decisión	V. Objetivo	V. Contexto
Pronóstico	Modelo a utilizar Horizonte (mediano, largo plazo)	Forecast Accuracy (MAPE, MAD) Pronóstico de errores	Variabilidad y estacionalidad de la demanda
Gestión de Inventarios	Cantidad a Pedir (Q) Stock de Seguridad	Fill Rate (FR), Cycle Service Level (CSL) Costo Total Relevante (CTR)	Percibilidad del producto Costo unitario Precio flete Costo de mano de obra

Tabla 6. Variables de decisión, objetivo y de contexto

3. Descripción de la metodología

La metodología de la presente tesis será longitudinal; es decir, será evaluada durante el tiempo, luego de la obtención de los resultados. Constará de 5 pasos, como se observa en la siguiente imagen.



Figura 6. Estructura de la metodología

3.1 Obtención de la data e información relevante

En esta primera parte, se busca obtener toda la información necesaria para la ejecución del proyecto. Esta información está dividida en estructurada y no estructurada. La primera se refiere a los reportes y base de datos (Tablas) de los SKU's y sus familias, esto se obtiene únicamente del sistema de información que utilizan desde hace más de 10 años, el AS/400, que a pesar de ser un sistema de información antiguo contiene varias opciones para la generación de reportes. La segunda, se refiere a la información obtenida por entrevistas y reuniones con los supervisores, jefes de almacén y gerentes que están día a día en la

PEDIDO	DESTINO DE PEDIDO	FECHA PED	FECHA DES	CORR	CODIGO MERC	LOCALES*	DESCRIPCION MERCADERIA	FAM	GRPO	DESC.GRPO	CANT. PEI	CANT. DES
41422623	CD DELOSUR KFC SECOS(KFC-192)	29/01/2016	29/01/2016	1	2001447	SI	MAGNESOL		1	1 ALIMENTOS	3	3
41422623	CD DELOSUR KFC SECOS(KFC-192)	29/01/2016	29/01/2016	2	2000624	SI	SEASONING OR (CAJ X 20 UN)		1	1 ALIMENTOS	3	3
41422623	CD DELOSUR KFC SECOS(KFC-192)	29/01/2016	29/01/2016	3	2000638	SI	MARINADOR R.ORIGINAL (CAJ X 24		1	1 ALIMENTOS	3	3
41422623	CD DELOSUR KFC SECOS(KFC-192)	29/01/2016	29/01/2016	4	2000632	SI	MARINADOR EXTRA CRISPY (CAJ X		1	1 ALIMENTOS	20	20
41422623	CD DELOSUR KFC SECOS(KFC-192)	29/01/2016	29/01/2016	5	3201977	SI	FILTRO FREIDORA 8 CABEZAS		1	4 ENVASES VACIOS	3	3
41487018	CD DELOSUR KFC SECOS(KFC-192)	11/02/2016	11/02/2016	1	3400205	SI	PAPEL DE ENVOLTURA SANDWICH KF		1	4 ENVASES VACIOS	24	24
41487018	CD DELOSUR KFC SECOS(KFC-192)	11/02/2016	11/02/2016	2	3400184	SI	INDIVIDUAL X 2000		1	7 PAPELERIA	18	18
41487031	CD DELOSUR KFC SECOS(KFC-192)	11/02/2016	12/02/2016	1	3400034	SI	CAJA PAPA MEDIANA X 1000		1	4 ENVASES VACIOS	6	6
41487031	CD DELOSUR KFC SECOS(KFC-192)	11/02/2016	12/02/2016	2	3400133	SI	CAJAS TOASTED PAQ X 400		1	4 ENVASES VACIOS	33	33
41487031	CD DELOSUR KFC SECOS(KFC-192)	11/02/2016	12/02/2016	3	3400205	SI	PAPEL DE ENVOLTURA SANDWICH KF		1	4 ENVASES VACIOS	7	7
41487031	CD DELOSUR KFC SECOS(KFC-192)	11/02/2016	12/02/2016	4	3400184	SI	INDIVIDUAL X 2000		1	7 PAPELERIA	6	6
41491210	CD DELOSUR KFC SECOS(KFC-192)	12/02/2016	12/02/2016	1	3400133	SI	CAJAS TOASTED PAQ X 400		1	4 ENVASES VACIOS	33	33
42006978	CD DELOSUR KFC SECOS(KFC-192)	19/04/2016	19/04/2016	1	3400027	NO	BOLSA SANDWICH SBUX		1	4 ENVASES VACIOS	11	11
42006978	CD DELOSUR KFC SECOS(KFC-192)	19/04/2016	19/04/2016	2	3400457	NO	BOLSA MASA PIZZA 16X18		1	4 ENVASES VACIOS	45	45
42006978	CD DELOSUR KFC SECOS(KFC-192)	19/04/2016	19/04/2016	3	3400016	NO	BOLSA 7X10 GRUESA		1	4 ENVASES VACIOS	122	122
42006978	CD DELOSUR KFC SECOS(KFC-192)	19/04/2016	19/04/2016	4	3400026	NO	BOLSA MASA PIZZA 14X16		1	4 ENVASES VACIOS	55	55
42006978	CD DELOSUR KFC SECOS(KFC-192)	19/04/2016	19/04/2016	5	3400009	SI	BOLSA DRESSING 10X12		1	4 ENVASES VACIOS	90	89
42006978	CD DELOSUR KFC SECOS(KFC-192)	19/04/2016		6	1000053	NO	BLEND PARA PHD		1	1 ALIMENTOS	55	0
42006978	CD DELOSUR KFC SECOS(KFC-192)	19/04/2016	19/04/2016	7	3400008	SI	BOLSA CRISTAL 14X22X100		1	4 ENVASES VACIOS	200	200
42006978	CD DELOSUR KFC SECOS(KFC-192)	19/04/2016	19/04/2016	8	1000063	NO	AZUCAR BLANCA X 50KG		1	1 ALIMENTOS	40	40
42006978	CD DELOSUR KFC SECOS(KFC-192)	19/04/2016	19/04/2016	9	1000054	NO	MAYONESA BASE		1	1 ALIMENTOS	93	93
42006978	CD DELOSUR KFC SECOS(KFC-192)	19/04/2016		10	1000052	NO	BLEND MASA PAN (NUEVO)		1	1 ALIMENTOS	40	0
42006978	CD DELOSUR KFC SECOS(KFC-192)	19/04/2016	19/04/2016	11	3400125	NO	CAJA PARA KIT 30.7X12.5X19.50		1	4 ENVASES VACIOS	33	31
42006978	CD DELOSUR KFC SECOS(KFC-192)	19/04/2016	19/04/2016	12	3400124	NO	CAJA PARA KIT 17X17X17.50		1	4 ENVASES VACIOS	43	37
42006978	CD DELOSUR KFC SECOS(KFC-192)	19/04/2016	19/04/2016	13	1000056	NO	VINAGRE BLANCO LUREN		1	1 ALIMENTOS	100	100
42006978	CD DELOSUR KFC SECOS(KFC-192)	19/04/2016	19/04/2016	14	2000717	NO	MAYONESA ALACENA X BALDE 4 KG		1	1 ALIMENTOS	22	22

Tabla 8. Reporte de pedidos, base de datos limpia

En este primer paso, es esencial el uso del software MS Excel, ya que es de gran utilidad por la flexibilidad que tiene este programa con respecto a filtros y fórmulas avanzadas.

3.2 Parámetros y segmentación de inventarios

En primer lugar, para este paso es necesario identificar los parámetros de cada familia de productos y SKU como el costo unitario del producto, número de reposiciones, criticidad del producto, relacionado a si se reciben quejas inmediatamente si el pedido de un SKU no llega al destino o en caso contrario, este pueda esperar porque no es urgente y necesario para las labores de las tiendas. Después, se procede a realizar un breve análisis a los SKU's y familia de productos que están siendo despachados a las tiendas durante el 2019, ya que serán estos los productos estudiados.

FECHA SERV	(Varios elementos)	
Etiquetas de fila	DESC.GRPO	Suma de CANT. DESP.
1	ALIMENTOS	235241
2	PRENDAS DE VESTIR	5169
3	UTILES DE LIMPIEZA	50353
4	ENVASES VACIOS	156246
5	PROMOCIONES	6614
6	ACCESORIOS PARA RESTAURANTE	803
7	PAPELERIA	12127
8	SMALLWARES	1129
12	ARTICULOS DE OFICINA	110
15	ARTICULOS DE PROYECTOS	36

Tabla 9. División por familia de productos vendidos en el 2019

Luego de conocer los SKU's tomados para el estudio y cómo estos se subdividen en grupos se procede a segmentarlos de acuerdo a dos factores el "Volumen de ventas en soles" y "Críticidad del producto". El primero de estos factores es tomado en soles debido a que si solo se toma cantidad de productos despachados no sería relevante para el estudio porque se puede despachar gran cantidad de un producto, pero este no puede presentar un costo alto, como por ejemplo los sachets de ketchup. El factor de criticidad será tomado por los datos obtenidos anteriormente ya que es necesario saber si el producto es de alta relevancia para el negocio.

Volumen/Criticidad	1	0
A	A	B
B	B	C
C	B	C

Tabla 10. Clasificación multicriterio de los inventarios

La tabla anterior es obtenida por Volumen (\$) de acuerdo a una segmentación ABC (20% de los productos reflejan el 80% del volumen total) y la criticidad con "1" y "0" (crítico o no crítico) dando como resultado la tabla que concentra los nuevos resultados para cada producto.

	Vol \$	Críticidad	Resultado
SKU1	A	1	A
SKU2	B	0	C
SKU3	B	1	B
SKU4	B	0	C
SKU5	C	1	B
SKU6	C	0	C

Tabla 11. Ejemplo de SKU's clasificados por Volumen (\$) y Críticidad

La herramienta seleccionada para este paso es el programa Microsoft Excel, debido principalmente a las funcionalidades de sus extensiones que tiene este y a la facilidad de uso para el usuario final.

3.3 Pronóstico de la demanda

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, existen 10 familias de productos totalmente distintas, desde alimentos hasta útiles de limpieza y es necesario que todos sean evaluados, por disposición de la empresa. Para poder transformar la data como series de tiempo de pedidos por SKU, es necesario primero adaptar la información antes obtenida. Esta serie de tiempo será trabajada en MS Excel y estará dada en meses.

Año	Mes	1000059	1000061	1000070	1000165
2016	Ene	20	0	2	0
2016	Feb	30	0	6	21
2016	Mar	17	0	3	29
2016	Abr	124	0	7	33
2016	May	238	0	11	8
2016	Jun	60	0	4	0
2016	Jul	60	0	6	28
2016	Ago	135	0	8	19
2016	Set	56	0	8	11
2016	Oct	261	0	0	5
2016	Nov	170	0	19	4
2016	Dic	233	0	0	20
2017	Ene	95	0	9	10
2017	Feb	242	0	16	11
2017	Mar	170	0	18	21
2017	Abr	135	0	9	10

Tabla12. Ejemplo de series de tiempo por SKU

Debido a la variabilidad de las series de datos de los SKU's se escogen 4 familias, alimentos, envases vacíos, papelería y útiles de limpieza. Estas familias además son las que tienen el valor de "1" en la segmentación por criticidad. Estas 4 familias contienen 217 SKU's que representan el 56% del total.

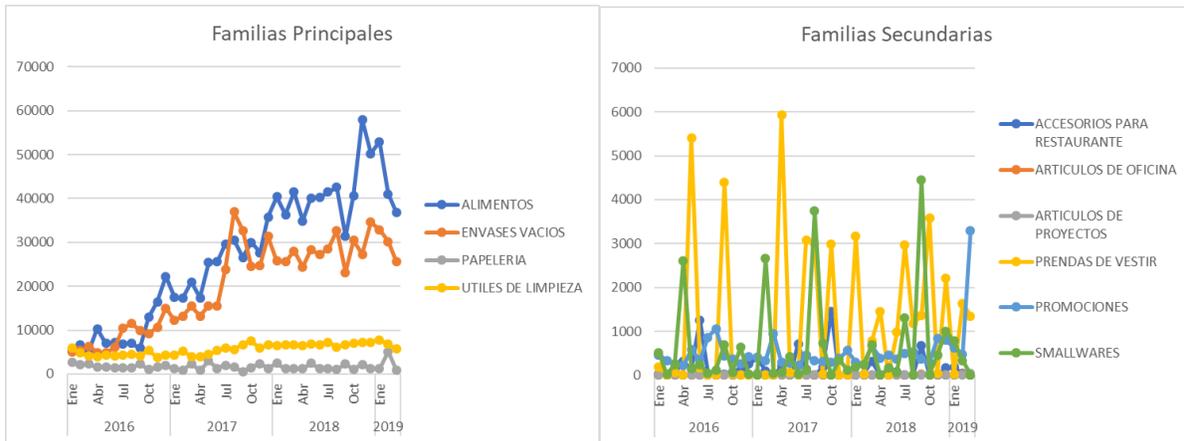


Figura 7. Series de tiempo de familias Principales Vs Secundarias

Para poder iniciar con los pronósticos, se determinó que la estrategia que se utilizaría sería Bottom-Up debido a que se desea conocer el comportamiento de cada producto dentro de las familias seleccionadas.

Como los despachos a tiendas son tomados como la “demanda”, esta es dependiente y usualmente es solicitada en lotes, debido a esto en algunos casos las series tienen valores ceros que no permitirán obtener los errores MAPE; por lo que se procedió a realizar promedios móviles a los datos históricos e iniciar con esos valores obtenidos los nuevos pronósticos.

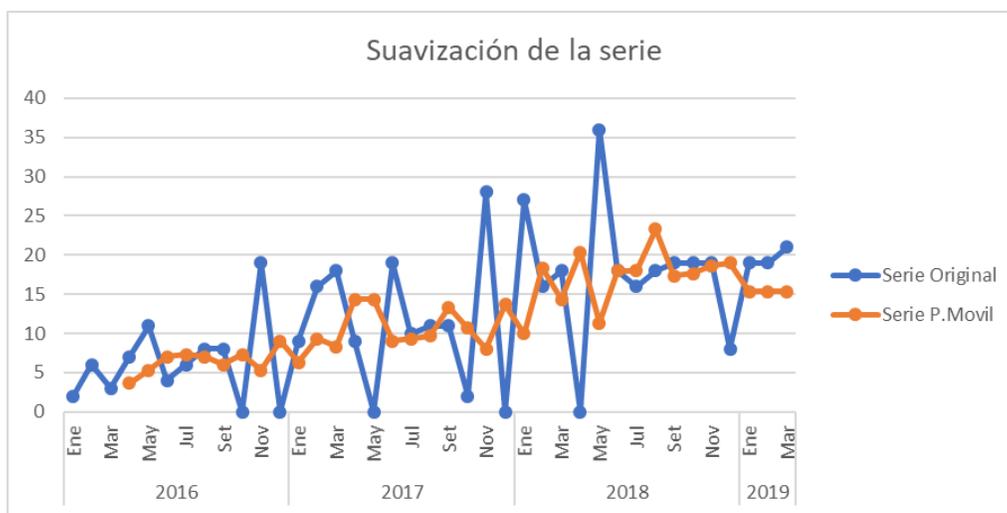


Figura 8. Serie de tiempo de un SKU, sin cambios y con promedio móvil

Los nuevos pronósticos se realizarán con dos modelos distintos, el Holt con amortiguación y el Holt-Winters debido a que son los más completos. El primero de ellos será de utilidad para los productos con una historia menor a 24 meses; y el otro modelo con data mayor o igual a 24 meses. Este último sirve de gran ayuda debido a los tres parámetros que maneja, nivel, tendencia y estacionalidad haciendo que sea más real.

Para saber si existe algún sesgo en la serie de tiempo se evaluarán los errores de los pronósticos obtenidos.

La realización de los pronósticos y la evaluación de los errores se realizarán en el software estadístico Rstudio debido a la facilidad y rapidez que brinda realizar pronósticos de gran cantidad de productos.

3.4 Políticas de Inventario

En este paso se utilizará el modelo (s,Q) para los 217 SKU's debido a que los operarios o el jefe de almacén conocen el estado de un producto a través del sistema AS/400; ya que este en tiempo real les puede brindar la información de cuántas unidades hay de un producto en específico. Se puede determinar una cantidad fija para que el proveedor conozca de antemano la cantidad que Ransa le solicitará cada vez que este le realice un pedido.

Ahora con las políticas de los SKU's clasificados se tienen los datos completos para conocer la cantidad Q^* óptima a pedir con su respectivo y cada cuánto pedir (T). Se utilizará con el modelo EOQ un T de 2, el cual hace que cada T sea un 2^n ; el cual permitirá a los proveedores no solamente cuánto es la cantidad de un producto que pedirá sino también cada cuánto lo hará permitiéndole, en la gran mayoría de los casos, tener la información suficiente para proveer la mercancía por completo o un fill rate al 100%.

El stock de seguridad estará basado en un nivel de servicio como fill rate (P2); tomando valores de 99% para la categoría A, 98.5% para B y 98 para C. Luego será necesario comparar las operaciones actuales que realiza Ransa con las que se tendría con el modelo (s,Q).

El software utilizado será el MS Excel para poder realizar todas las evaluaciones, debido a su flexibilidad en el uso que se le puede dar al sistema.

3.5 Diseño del dashboard

Con los datos ya obtenidos, quedaría organizar toda la información dentro de un dashboard; este deberá ser didáctico (botones) para que sea fácil de utilizar por los usuarios y que permita mostrar la mayor cantidad de información posible que sea veraz y que agregue valor. Para este caso se utilizará el software llamado Power BI debido a que cumple con los requisitos mencionados anteriormente y además está siendo usado actualmente en Ransa desde hace un par de meses debido a otros proyectos que se están realizando a la par.

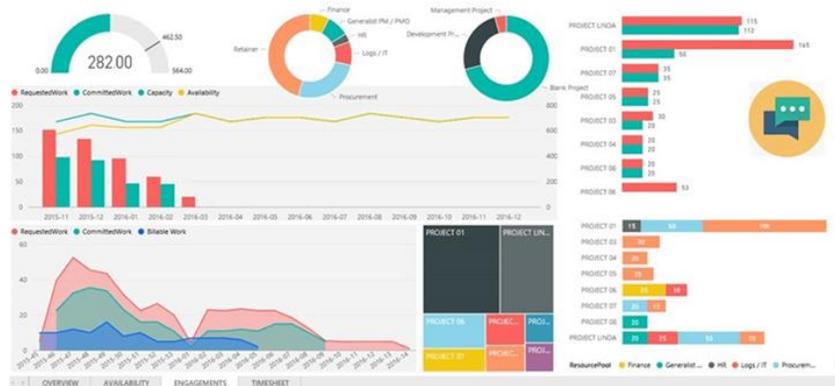


Figura 9. Ejemplo de *Dashboard* en Power BI

Este *dashboard* deberá contener los indicadores de fill rate, cobertura en semanas, alertas para SKU's con peligro de romper stock o exceso de cobertura y la tendencia de demanda por familia y producto con una visibilidad de 12 meses. Este software de inteligencia comercial será de gran ayuda para que puedan tener visibilidad de los productos dentro del almacén y brindará a su vez una mejora diferencial al cliente.

4. Validación del Modelo

Primero, para poder validar el pronóstico realizado en el tercer punto, se tendrá que utilizar el modelo para pronosticar un periodo ya existente y contrastarlo con los datos reales del

periodo. Esta precisión del pronóstico o *forecast accuracy* estará dado por la medición de errores MAPE.

	Política Anterior			Política Nueva		
	Percentil 10	Mediana	Percentil 90	Percentil 10	Mediana	Percentil 90
ALIMENTOS						
ENVASES VACIOS						
PAPELERIA						
UTILES DE LIMPIEZA						

Tabla 13. Comparación de Forecast Accuracy de ambos modelos

Estos errores deben estar en un rango aceptable para que el modelo sea válido y ser mejores a comparación del que usan actualmente.

Luego, en el caso de la validación de la política de inventarios seleccionada se tendrá que comparar con los valores anteriores de fill rate, nivel de inventario promedio y el inventario promedio valorizado.

	Política Anterior	Política Nueva
Inventario Prom		
Inv. Prom S/.		
Fill Rate		

Tabla 14. Comparación de políticas de inventario

Esto ayudará a saber si lo realizado ha sido de utilidad, bajando el inventario promedio, para mayor liquidez del cliente; y aumentando el fill rate de los SKU's brindando así un mejor servicio.

Para este paso también será de gran utilidad el MS Excel para el análisis, la realización de las tablas e indicadores mencionados.

Como último paso de la validación, se tendrá que realizar encuestas para conocer el grado de satisfacción que tienen los usuarios con la información brindada por el *dashboard*. Este

último es de los más sencillos de modificar si es que el usuario necesita visualizar otros campos, indicadores o información.

Encuesta	Marcar la opción 5 si está totalmente de acuerdo y 1 si está totalmente en desacuerdo	Respuesta				
		1	2	3	4	5
1	El dashboard me muestra todo lo que necesito	1	2	3	4	5
2	Los gráficos me permiten tomar más rápidas mis decisiones	1	2	3	4	5
3	Siento que los cambios han ido para bien	1	2	3	4	5
4	El dashboard me ha resultado útil	1	2	3	4	5
5	La información mostrada está totalmente correcta	1	2	3	4	5

Tabla 15. Encuesta ejemplo Likert para usuarios

Este modelo de encuesta es útil debido a que se puede realizar rápidamente y como tiene valores se puede ir midiendo a futuro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] «Third party logistics – from an interorganizational point of view. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 30(2), 112–127 | 10.1108/09600030010318838». .
- [2] S. Hertz y M. Alfredsson, «Strategic development of third party logistics providers», *Industrial Marketing Management*, vol. 32, n.º 2, pp. 139-149, feb. 2003, doi: 10.1016/S0019-8501(02)00228-6.
- [3] A. V. Vasiliauskas, «PRINCIPLE AND BENEFITS OF THIRD PARTY LOGISTICS APPROACH WHEN MANAGING LOGISTICS SUPPLY CHAIN», *TRANSPORT*, vol. 22, n.º 2, pp. 68-72, jun. 2007, doi: 10.3846/16484142.2007.9638101.
- [4] SIICEX, «Expansión Logística - Empresas peruanas se abren paso con servicios de alta calidad en Centroamérica y Sudamérica», vol. 13, 2017.
- [5] «Latinoamérica podría mejorar crecimiento en 2019 tras sorpresiva moderación, asegura Moody's | AméricaEconomía | AméricaEconomía». [En línea]. Disponible en: <https://www.americaeconomia.com/economia-mercados/finanzas/latinoamerica-podria-mejorar-crecimiento-en-2019-tras-sorpresiva>.
- [6] «Scotiabank prevé un crecimiento del PBI peruano de 2.3% para 2019 | Economía | Gestión». [En línea]. Disponible en: <https://gestion.pe/economia/scotiabank-preve-un-crecimiento-del-pbi-peruano-de-23-para-2019-noticia/>.
- [7] gs1_admin, «El mercado de los operadores logísticos.», *Bienvenido a GSI Perú*, 10-feb-2015. [En línea]. Disponible en: <http://gs1pe.org/innovasupplychain/noticias/el-mercado-de-los-operadores-logisticos>.
- [8] Consejo Nacional de Competitividad, «Índice de Desempeño Logístico 2018 - Banco Mundial». 2018.
- [9] «¿Cuáles son las empresas más importantes del sector logístico? | El Comercio Peru». [En línea]. Disponible en: <https://elcomercio.pe/especial/zona-ejecutiva/negocios/cuales-son-empresas-mas-importantes-sector-logistico-noticia-1992162>.
- [10] A. Win, «The value a 4PL provider can contribute to an organisation», *Int Jnl Phys Dist & Log Manage*, vol. 38, n.º 9, pp. 674-684, oct. 2008, doi: 10.1108/09600030810925962.
- [11] S. User, «OPERADORES 5PL: ¿QUIENES SON?, ¿CÓMO OPERAN?» [En línea]. Disponible en: <https://www.revistalogistec.com/index.php/scm/estrategia-logistica/item/2261-operadores-5pl-quienes-son-como-operan>.
- [12] A. Nozal, «Principales tipos de operador logístico: ¿cuáles son y qué hacen?», *Blog sobre logística y transporte | Logismarket*, 10-ene-2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.logismarket.es/blog/tipos-operadores-logisticos-que-hacen/>. [Accedido: 16-jun-2019].
- [13] «From 1PL to 5PL or... “secrets” of logistics services», *Trans.INFO*. [En línea]. Disponible en: <https://trans.info/en/from-1pl-to-5pl-or-secrets-of-logistics-services-101158>. [Accedido: 16-jun-2019].
- [14] «The elements of a successful logistics partnership. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 26(3), 7–13 | 10.1108/09600039610115045». .
- [15] «The 4PL era begins», *Supply Chain Dive*. [En línea]. Disponible en: <https://www.supplychaindive.com/news/3pl-4pl-evolution-logistics-supply-chain-management/532779/>.
- [16] C. Kilger y M. Wagner, «Demand Planning», en *Supply Chain Management and Advanced Planning: Concepts, Models, Software, and Case Studies*, H. Stadtler y C. Kilger, Eds. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008, pp. 133-160.

- [17] N. T. Thomopoulos, «Demand Forecasting for Inventory Control», en *Demand Forecasting for Inventory Control*, N. T. Thomopoulos, Ed. Cham: Springer International Publishing, 2015, pp. 1-10.
- [18] «Makridakis, Wheelwright & Hyndman - Forecasting, Methods and Applications. 3rd Ed | Seasonality | Forecasting», *Scribd*. [En línea]. Disponible en: <https://www.scribd.com/doc/232111635/Makridakis-Wheelwright-Hyndman-Forecasting-Methods-and-Applications-3rd-Ed>.
- [19] *1.2 Forecasting, planning and goals | Forecasting: Principles and Practice*. .
- [20] M. Cleves, W. Gould, W. W. Gould, R. Gutierrez, y Y. Marchenko, *An Introduction to Survival Analysis Using Stata, Second Edition*. Stata Press, 2008.
- [21] E. A. Silver, D. F. Pyke, E. A. Silver, y E. A. Silver, *Inventory and production management in supply chains*, Fourth Edition. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2017.
- [22] «Técnicas de gestión de inventarios que debes conocer | OBS Business School». [En línea]. Disponible en: <https://www.obs-edu.com/es/blog-investigacion/operaciones/tecnicas-de-gestion-de-inventarios-que-debes-conocer>.
- [23] *Inventory control*. New York, NY: Springer Science+Business Media, 2015.
- [24] H. Ravinder y R. B. Misra, «ABC Analysis For Inventory Management: Bridging The Gap Between Research And Classroom», vol. 7, n.º 3, p. 8, 2014.
- [25] B. E. Flores, «Multiple Criteria ABC Analysis», p. 9.