

Propuesta de una política de inventarios para la empresa Tiendas del Norte S.A.S

Fredy Alberto Álvarez Arenas. Código: 201052820
Angélica María Zúñiga Lora. Código: 201052675

Universidad del Valle
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería industrial
Ingeniería Industrial
Palmira
2016

Propuesta de una política de inventarios para la empresa Tiendas del Norte S.A.S

Fredy Alberto Álvarez Arenas. Código: 201052820
Angélica María Zúñiga Lora. Código: 201052675

Trabajo de grado para optar al título de ingeniero industrial

Director:
MSc. Raúl Antonio Díaz Pacheco

Universidad del Valle
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería industrial
Ingeniería Industrial
Palmira
2016

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado en primer lugar a Dios por permitirme cumplir este objetivo y llenar mi vida de fortaleza y bendiciones.

A mi madre Martha Lucia por ser la persona que ha cuidado de mí, por apoyarme e influir en mi lucha y deseo de superación. Gracias mamá por ser mi ángel y por darme tu amor infinito.

A mi abuela Felicia Bravo que con su apoyo me dio las fuerzas y la motivación para culminar mi carrera con éxito.

A mi compañero de vida José Luis por su amor incondicional y apoyo constante durante todo mi proceso de formación académica. Gracias por ser mi apoyo, por siempre estar a mi lado y por ser mi amigo leal.

A mi compañero Fredy Alvarez que con sus conocimientos y aportes ayudo a la culminación de este trabajo de grado de manera exitosa.

Angelica María Zúñiga Lora

En primer lugar a Dios por darme la fortaleza, dedicación, inteligencia y sabiduría para alcanzar este objetivo.

A mis padres Humberto y Doralba y a mi hermana Eymi por todo su amor, confianza y apoyo a través de toda mi formación profesional y personal.

A Katherin Bravo y a toda su familia por todo su cariño, comprensión y apoyo incondicional a lo largo de todo mi proceso de formación. Gracias por hacer de mí una mejor persona y enseñarme a enfrentar cada uno de los retos que me depara la vida.

A mi compañera Angélica Zúñiga por brindarme su amistad y sus conocimientos a lo largo de toda esta carrera.

A mis familiares, amigos y compañeros que estuvieron presentes en los buenos y malos momentos a lo largo de toda mi carrera, contribuyendo de una u otra manera al logro de este objetivo.

Fredy Alberto Alvarez Arenas

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que por su apoyo permitieron la realización de este trabajo:

A nuestro director de trabajo de grado Raúl Antonio Díaz Pacheco quien con sus conocimientos y experiencia nos guio y acompaño en todo el proceso del desarrollo del trabajo.

Al Gerente de la empresa Tiendas del Norte S.A.S. y a cada uno de sus colaboradores por brindarnos la información necesaria para la elaboración del presente trabajo de grado.

A la Universidad del Valle por habernos permitido ser orgullosamente univallunos y ser profesionales formados con una educación de calidad.

A nuestros familiares y amigos por apoyarnos en este proceso y ser quienes nos acompañaron en el camino que elegimos para nuestras vidas.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	15
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
2 OBJETIVOS	20
2.1 OBJETIVO GENERAL	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
3 REVISIÓN DE LITERATURA	21
4 MARCO TEÓRICO	28
4.1 CLASIFICACIÓN ABC	28
4.1.1 Clasificación ABC tradicional	28
4.1.2 Clasificación ABC Multicriterio	28
4.1.3 Clasificación ABC Wan Lung	32
4.2 ASPECTOS A CONSIDERAR EN UN SISTEMA DE INVENTARIOS	33
4.2.1 Costos.	33
4.2.2 Tiempo de reposición, L .	36
4.2.3 Nivel de servicio.	36
4.2.4 Tipo y patrón de demanda.	37
4.3 SISTEMAS DE PRONÓSTICOS DE DEMANDA	39
4.3.1 Promedio móvil.	39
4.3.2 Suavización exponencial simple.	39
4.3.3 Suavización exponencial doble.	40
4.3.4 Errores de estimación de los pronósticos	41
4.3.5 Señal de Seguimiento (SS)	44
4.4 TIPOS DE SISTEMAS DE CONTROL DE INVENTARIOS	45
4.4.1 Sistema de revisión continuo (s, Q).	45
4.4.2 Sistema de revisión continuo (s, S).	46
4.4.3 Sistema de revisión periódico (R, S).	46
4.4.4 Sistema (R, s, S).	47
4.4.5 Frecuencia de revisión del inventario	47
4.5 Control conjunto de ítems	47
4.5.1 Sistema periódico de reabastecimiento conjunto (R, S_i)	48
4.5.2 Sistema <i>min-max</i> de reabastecimiento conjunto (s_i , S_i)	50

4.5.3	Heurístico de Eynan y Kropp	51
4.5.4	Nivel de servicio común	54
5	DESCRIPCIÓN DEL ESTADO ACTUAL	56
5.1	DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	56
5.2	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL	56
5.2.1	Pedidos clientes	56
5.2.2	Proceso de alistamiento	57
5.2.3	Distribución de los pedidos	57
5.2.4	Abastecimiento de mercancías	57
5.2.5	Almacenamiento	58
6	DISEÑO DE LA POLÍTICA DE INVENTARIO	60
6.1	CLASIFICACIÓN ABC	60
6.1.1	Clasificación ABC tradicional	60
6.1.2	Clasificación ABC Multicriterio	60
6.1.3	Clasificación ABC de Wan Lung	60
6.1.4	Comparación de los 3 métodos	61
6.2	PATRÓN Y TENDENCIA DE LA DEMANDA	61
6.2.1	Distribución de probabilidad de la demanda	63
6.3	PRONÓSTICO	66
6.3.1	Promedio móvil	67
6.3.2	Suavización exponencial simple	68
6.3.3	Suavización exponencial doble	70
6.3.4	Señal de Seguimiento	71
6.4	ESTRUCTURA DE COSTOS	74
6.4.1	Costo de ordenar A independiente de la cantidad a ordenar.	74
6.4.2	Costo asociado al incluir un ítem en una reposición a_i .	76
6.4.3	Costo de mantener inventario	79
6.4.4	Costo de faltantes	80
6.5	Nivel de servicio	81
6.6	POLÍTICAS DE CONTROL DE INVENTARIOS	82
6.6.1	Política Actual	83
6.6.2	Política de Reabastecimiento Conjunto (R, S_i)	84
6.6.3	Política <i>min-max</i> de Reabastecimiento Conjunto (s_i , S_i)	87
6.6.4	Política de Control basado en el Heurístico Eynan y Kropp	90

6.6.5	Comparación Políticas	93
6.6.6	Simulación de la política propuesta	96
7	CONCLUSIONES	100
8	RECOMENDACIONES	101
	BIBLIOGRAFÍA	102
	ANEXOS	105

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Aportes de la revisión de la literatura.	26
Tabla 2. Matriz de criterios para la clasificación ABC	29
Tabla 3. Comparación entre los sistemas de revisión continua y los de revisión periódica.....	47
Tabla 4. Ítems clase A.	61
Tabla 5. Coeficiente de variación de la demanda ítems clase A.	62
Tabla 6. Tendencias artículos clase A.	62
Tabla 7. Distribuciones de probabilidad de los ítems clase A	65
Tabla 8. Consolidado pronósticos individuales.	66
Tabla 9. Indicadores de precisión CALDO RICO 8X1.815KG CO.	68
Tabla 10. Resumen ítems donde se seleccionó el promedio móvil.	68
Tabla 11. Indicadores de precisión <i>RODEO CON HIERRO 12X900G CO.</i>	69
Tabla 12. Resumen ítems donde se seleccionó suavización exponencial simple.	69
Tabla 13. Indicadores de precisión LA LECHERA LCA RISTRA 12(24X30G) CO.	70
Tabla 14. Resumen ítems donde se seleccionó suavización exponencial doble... ..	71
Tabla 15. Componente del costo de ordenar: telefonía, internet y papelería.	75
Tabla 16. Costo mano de obra	75
Tabla 17. Costo de la actividad.....	75
Tabla 18. Componentes costo de ordenar.	76
Tabla 19. Costo de cada actividad [\$/Orden/ítem].....	77
Tabla 20. Costo de agregar cada ítem a la orden de compra, ai.	78
Tabla 21. Costo relacionado con el funcionamiento de la bodega.	79
Tabla 22. Componentes costo mantener inventario.	79
Tabla 23. Costo de faltantes por unidad, B2v.....	81
Tabla 24. Nivel de servicio actual.	82
Tabla 25. Datos para cálculo de las políticas de inventarios.	83
Tabla 26. Inventario promedio actual.	84
Tabla 27. Política (R, Si) para un nivel de servicio (P1) del 99%.....	85
Tabla 28. Política (R, Si) para el nivel de servicio (P1) actual.....	86
Tabla 29. Política (R, Si) para un nivel de servicio (P1) del 96,58%.	87
Tabla 30. Política (si, Si) para un nivel de servicio (P1) del 99%.....	88
Tabla 31. Política (si, Si) para el nivel de servicio (P1) actual.....	89
Tabla 32. Política (si, Si) para un nivel de servicio (P1) del 96,58%.	90
Tabla 33. Política basada en el Heurístico Eynan y Kropp para un nivel de servicio (P1) del 99%.	91
Tabla 34. Política basada en el Heurístico Eynan y Kropp para el nivel de servicio (P1) actual.....	92
Tabla 35. Política basada en el Heurístico Eynan y Kropp para un nivel de servicio (P1) del 96,58%.	93
Tabla 36. Costo Total Relevante anual vs nivel de servicio.....	94
Tabla 37. Diferencia entre el nivel de servicio actual y el propuesto.	94

Tabla 38. Resumen de la simulación del ítem SALTINAS ORIGINAL 60X125G CO. 97

Tabla 39. Simulación de los costos de la política (R, Si) 98

Tabla 40. Comparación entre la política (R, Si) y la simulación. 98

Tabla 41. Nivel de servicio P₁ y P₂ simulados. 99

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Señal de seguimiento fuera control.	45
Figura 2. Sistema de revisión continuo (s, Q).....	46
Figura 3. Sistema de revisión periódico (R, S).	46
Figura 4. Diagrama de flujo pedidos clientes.....	57
Figura 5. Almacenamiento del producto.	58
Figura 6. Diagrama de flujo del inventario en la empresa Tiendas del Norte S.A.S	59
Figura 7. Patrón de tendencia CALDO RICO 8X1.815KG CO	63
Figura 8. Distribuciones de probabilidad de la demanda del ítem CALDO RICO 8X1.815 KG CO	64
Figura 9. Distribuciones de probabilidad de la demanda del ítem MILO ACTIGEN-E RISTRA 36(14X25G) CO	64
Figura 10. Pronósticos demanda CALDO RICO 8X1.815KG CO.	67
Figura 11. Pronóstico demanda <i>RODEO CON HIERRO 12X900G CO</i>	69
Figura 12. Pronostico demanda LA LECHERA LCA RISTRA 12(24X30G) CO.	70
Figura 13. Señal de seguimiento <i>CALDO RICO 8X1.815KG CO</i>	72
Figura 14. Señal de seguimiento <i>RODEO CON HIERRO 12X900G CO</i>	73
Figura 15. Señal de seguimiento <i>LECHERA LCA RISTRA 12(24X30G) CO</i>	74
Figura 16. Diagrama de flujo del inventario propuesto para la empresa Tiendas del Norte S.A.S.....	96

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. CLASIFICACIÓN ABC.....	105
ANEXO B. PRONOSTICO EL RODEO CON HIERRO 12X900G CO.	108
ANEXO C. PRONOSTICO CALDO RICO 8X1.815KG CO.....	108
ANEXO D. PRONOSTICO KLIM INSTANTÁNEA 45(13X26G) CO.	109
ANEXO E. PRONOSTICO KLIM NUTRÍ-RINDE ALIMENTO LAC 60X104G CO.	109
ANEXO F. PRONOSTICO MILO ACTIGEN RISTRA 36(14X25) CO.....	110
ANEXO G .PRONOSTICO LA LECHERA LCA RISTRA 12(24X30G) CO.....	110
ANEXO H. PRONOSTICO MILO ACTIGEN-E DOY PACK ZIPPER 9X1.4KGCO.	111
ANEXO I. PRONOSTICO NESCAFE TRADICIÓN 7(12X25G) CO.	111
ANEXO J. PRONOSTICO NESCAFE TRADICIÓN 25(12X12G) PR 20%.	112
ANEXO K. PRONOSTICO SALTINAS ORIGINAL 60X125G CO.	112
ANEXO L. SEÑAL DE SEGUIMIENTO CALDO RICO 8X1.815KG CO.	113
ANEXO M. PRONOSTICO KLIM 1+ 30X500G CO.....	113
ANEXO N. SEÑAL DE SEGUIMIENTO KLIM 1 + 30X500G CO	114
ANEXO O. SEÑAL DE SEGUIMIENTO EL RODEO CON HIERRO 12X900G CO.	114
ANEXO P. SEÑAL DE SEGUIMIENTO LA LECHERA LCA RISTRA 12(24X30G).	115
ANEXO Q. SEÑAL DE SEGUIMIENTO KLIM NUTRÍ-RINDE ALIMENTO LAC 60X104G CO.....	115
ANEXO R. SEÑAL DE SEGUIMIENTO MILO ACTIGEN-E DOY PACK ZIPPER 9X1.4KGCO.....	116
ANEXOS. SEÑAL DE SEGUIMIENTO MILO ACTIGEN-E RISTRA 36(14X25G) CO.	116
ANEXO T. SEÑAL DE SEGUIMIENTO NESCAFE TRADICIÓN 25(12X12G) PR 20%.....	117
ANEXO U. SEÑAL DE SEGUIMIENTO NESCAFE TRADICIÓN 7(12X25G) CO.	117
ANEXO W. SEÑAL DE SEGUIMIENTO KLIM INSTANTÁNEA 45(13X26G) CO.	118
ANEXO V. SEÑAL DE SEGUIMIENTO SALTINAS ORIGINAL 60X125G CO.	118

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Valores normalizados.	31
Ecuación 2. Calificación o puntaje total.	31
Ecuación 3. Promedios parciales.	32
Ecuación 4. Costo de oportunidad antes de impuestos.	34
Ecuación 5. Costo de mantener.	34
Ecuación 6. Tasa de mantener el inventario, r	35
Ecuación 7. Costo de ordenar, A	35
Ecuación 8. Costo de faltante por unidad.	36
Ecuación 9. Nivel de servicio, P_2	37
Ecuación 10. Nivel de servicio, P_1	37
Ecuación 11. Coeficiente de variación de la demanda.	38
Ecuación 12. Promedio móvil.	39
Ecuación 13. Pronóstico método suavización exponencial simple.	40
Ecuación 14. Nuevo operador $ST[2]$	40
Ecuación 15. Pronóstico método suavización exponencial doble.	40
Ecuación 16. Valor inicial S_0	41
Ecuación 17. Valor inicial $S_0[2]$	41
Ecuación 18. Error del pronóstico para un periodo determinado e_t	42
Ecuación 19. Suma Corriente de los Errores Pronosticados (SCEP).	42
Ecuación 20. Error Cuadrático Medio (ECM).	43
Ecuación 21. Desviación Media Absoluta (MAD).	43
Ecuación 22. Error Porcentual Medio Absoluto (MAPE).	43
Ecuación 23. Error Porcentual Medio Absoluto (MAPE').	44
Ecuación 24. Desviación estándar de los errores del pronóstico con la MAD.	44
Ecuación 25. Desviación estándar de los errores del pronóstico con el ECM.	44
Ecuación 26. Señal de seguimiento.	44
Ecuación 27. Intervalo de revisión común, R	49
Ecuación 28. Inventario máximo de cada ítem i , S_i	49
Ecuación 29. Costo total relevante política (R , S_i).	49
Ecuación 30. Tamaño de lote, Q_i	50
Ecuación 31. Punto de reorden, s_i	51
Ecuación 32. Inventario máximo, S_i	51
Ecuación 33. Costo total relevante política (s_i , S_i).	51
Ecuación 34. Costo total heurístico Eynan y Kropp.	52
Ecuación 35. Tiempo de revisión básico del caso determinístico.	53
Ecuación 36. Tiempo de revisión básico para $k_1=1$	53
Ecuación 37. Número entero k_i	54
Ecuación 38. Tiempo de revisión básico inicial.	54
Ecuación 39. Factor de seguridad k_i común.	55

RESUMEN

En este documento se aborda el problema de reabastecimiento conjunto para una pequeña empresa del sector alimenticio que se dedica a la comercialización de productos Nestlé®.

Para abordar dicha problemática, en primer lugar se realiza la clasificación ABC de los ítems utilizando tres métodos diferentes de clasificación: clasificación ABC tradicional, clasificación AHP multicriterio y clasificación ABC de Wang Lung. Posteriormente se determina el mejor sistema de pronósticos para cada artículo clase A. A continuación se aplican tres políticas de control de inventarios diferentes para los ítems clase A considerando tres niveles de servicio diferentes: sistema periódico de reabastecimiento conjunto (R, S_i) , donde se determina un intervalo de revisión común (R) y un inventario máximo para cada ítem (S_i) de acuerdo al nivel de servicio deseado; sistema min-max de reabastecimiento conjunto (s_i, S_i) , en el que cada vez que el inventario efectivo de algún ítem alcanza al punto de reorden (s_i) , se hace un pedido de tamaño tal que el inventario efectivo de cada artículo llegue a un nivel máximo (S_i) ; y el heurístico propuesto por Eynan y Kropp (k_iT, S_i) , se basa en un sistema de control (R, S_i) , donde cada ítem puede tener un intervalo de revisión diferente que sea múltiplo de T (intervalo de revisión básico), y cada vez que se revisa el nivel de inventario de un artículo, se ordena una cantidad tal que haga que el inventario efectivo llegue a un nivel máximo (S_i) . Finalmente, se comparan las políticas de control para los diferentes niveles de servicio, donde se concluye que la política de reabastecimiento conjunto (R, S_i) con un nivel de servicio del 99% es la que mejor se adapta a las características de la empresa.

Palabras clave: problema de reabastecimiento conjunto, política de control de inventarios.

ABSTRACT

In this document is approached the replenishment joint problem for food business dedicated to marketing products Nestle®.

To approach this problem, first is performed ABC classification using three different classification methods: traditional ABC classification, AHP multicriteria classification and Wang Lung ABC classification. Then the best system of forecasts for each item class A is determined. Below are three different control policies inventories considering three different service levels: Periodic replenishment joint (R, S_i) , wherein a common revision interval (R) and a maximum inventory for each item according to the level of service desired is determined; min-max joint replenishment system (s_i, S_i) , in which every time the effective inventory of any item reaches the reorder point (s_i) , is made an order of size such that the effective inventory of each item reaches a maximum level (S_i) ; and heuristic proposed by Eynan and Kropp (k_iT, S_i) , which is based on a control system (R, S_i) , where each item can have a review range different that is a multiple of T (interval basic revision), and every time an inventory level of an article is reviewed, is ordered an amount that makes the effective inventory reaches a maximum level (S_i) . Finally, the different control policies are compared for different levels of service, where it is concluded that the policy joint replenishment (R, S_i) with a service level of 99% is the best suited to the characteristics of the company.

Keywords: problem joint replacement items, inventory control policy.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el desarrollo de la industria y un mercado más exigente han aumentado el nivel de competitividad, y obliga a las empresas a buscar e implementar herramientas que les permita lograr un desarrollo que beneficie tanto a la organización como a sus clientes. Para alcanzar este objetivo es necesario mantener un adecuado manejo de los inventarios, debido a que la base de una empresa comercial es la compra y venta de bienes y servicios, en consecuencia una buena gestión en los inventarios ayudará a mantener el control de sus existencias, sin incurrir en excesivos costos de inventario.

La necesidad de una gestión de inventario surge como respuesta a la incertidumbre en los tiempos de reposición (*lead time*) y en la demanda de los consumidores. Las inversiones en los inventarios pueden representar alrededor del 25% de los activos que son susceptibles a convertirse en dinero en un periodo corto de tiempo, por otra parte, el ambiente cambiante en que los empresarios deben tomar decisiones le suma complejidad a la gestión del inventario,¹ además la reserva de existencias implica costos de mantenimiento y manejo, estos representan entre el 15% y el 30% de los costos logísticos de una organización,² adicional a estos, se deben considerar los costos de faltantes, en los que se incurre cuando no se encuentran unidades disponibles en el inventario que permitan cubrir una orden de compra de un cliente.

Administrar de forma adecuada los inventarios, no es tarea fácil, estos generan complicaciones, las cuales se tratan de evitar reduciendo al mínimo los niveles de inventario, ya que el mantenimiento de existencias, el almacenamiento, la manipulación y el transporte de estos bienes generan costos considerables.³ El objetivo central de este trabajo es proponer una política de inventarios que se ajuste a las características inherentes de la organización, enfocándose en reducir la inversión en inventario y manteniendo un buen nivel de servicio.

En esta investigación se inicia analizando la situación actual de la empresa, posteriormente se realiza la clasificación ABC de los ítems utilizando tres métodos diferentes: clasificación ABC tradicional, clasificación AHP multicriterio y clasificación ABC multicriterio de Wang Lung. A continuación, se pronostica la demanda utilizando los métodos tradicionales de serie de tiempo y finalmente se

¹ GUTIÉRREZ, Valentina y JARAMILLO, Diana. Reseña del software disponible en Colombia para la gestión de inventarios en cadenas de abastecimiento. En: Estudios Gerenciales. Enero-marzo, 2009, vol. 25, no. 110, p.125-53.

² VIDAL HOLGUÍN, Carlos Julio. Planeación, Optimización y Administración de Cadenas de Abastecimiento. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del Valle, 2010. p. 30.

³ BUSTOS FLORES, Carlos Eduardo y CHACÓN PARRA, Galia Beatriz. El MRP en la gestión de inventarios. En: Visión Gerencial. Enero-junio, 2007, vol. 6, no. 1, p. 5-17.

aplican tres políticas de control conjunto de inventarios para los ítems clase A: sistema periódico de reabastecimiento conjunto (R, S_i) , sistema min-max de reabastecimiento conjunto (s_i, S_i) , y el heurístico propuesto por Eynan y Kropp (k_iT, S_i) . Por último, se comparan las políticas de control para los diferentes niveles de servicio, donde se determina que la política de reabastecimiento conjunto (R, S_i) con un nivel de servicio del 99% es la que mejor se adapta a las características de la empresa.

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El inventario representa los bienes o recursos utilizados en una organización, ya sea para su transformación o comercialización. Para su gestión, generalmente se utilizan los sistemas de inventarios, estos son un conjunto de políticas y controles donde se vigilan los niveles de existencias de una empresa, permitiendo determinar lo que se va a almacenar y el momento en que es necesario hacer nuevos pedidos.⁴

Una inadecuada gestión de inventarios representa pérdidas potenciales en una empresa, ya sea por altos niveles de inventario que no rota o por la falta de productos que si lo hacen. En el primer caso, este exceso de inventario se ve reflejado en altos costos de mantenimiento, que según Krajewski (2013)⁵ oscila entre el 15 y 35% de su valor, estos se encuentran asociados a costos capital, seguros, almacenamiento y manejo, impuestos, seguros y deterioros, mientras que cuando ocurren faltantes, se incurre en pérdidas que son producto de las utilidades que la organización deja de percibir, además de un costo adicional intangible como lo es la pérdida de la buena imagen de la empresa como resultado de la insatisfacción del cliente al no recibir su pedido completo.⁶

Las empresas dependen de la venta de sus productos, en consecuencia estas pueden verse muy afectadas cuando la administración de sus inventarios no supe sus necesidades. En la actualidad el diseño de sistemas de inventarios representa un desafío que consiste básicamente en mantener la cantidad adecuada de productos para que la organización satisfaga sus prioridades competitivas de manera eficiente, sin que esto implique, reducir los inventarios a su mínima expresión para abatir los costos, ni tener inventario en exceso para satisfacer todas las demandas.⁷

La empresa Tiendas del Norte S.A.S. se dedica a la comercialización de productos Nestlé a tiendas minoristas del Norte de la ciudad de Cali y de Buenaventura, fue constituida hace más de 10 años y desde entonces no cuenta con un sistema de inventarios que le permita un manejo eficiente de los recursos. Esta empresa no cuenta con una metodología formal para el manejo de su inventario, debido a que actualmente su gestión se basa en la revisión diaria del inventario con lista en mano,

⁴ CHASE, Richard y JACOBS, Robert. Administración de operaciones. Producción y cadenas de suministro. 13 ed. México: McGraw-Hill, 2014. p. 558.

⁵ KRAJEWSKI, Lee; RITZMAN, Larry y MALHOTRA, Manoj. Administración de operaciones. Procesos y cadenas de valor. 12 ed. México: PEARSON EDUCACIÓN, 2013. p. 463 - 464.

⁶ BALLOU, Ronald. Logística. Administración de la cadena de suministro. 5 ed. México: Pearson Educación, 2004. p. 328-339.

⁷ RAMÍREZ CASTAÑEDA, Leila Nayibe, *et al.* Aplicación de un modelo de inventarios multiproductos para las PYMES en Bogotá. *En: Ingenio Libre*. 2010, no. 9, p. 74-81.

para determinar “a ojo” las unidades a pedir de cada producto y el número mínimo que puede permitirse tener según la rotación que está teniendo el producto en esos días.

Los pedidos se realizan los días lunes y jueves, y tardan aproximadamente dos (2) días en llegar a la empresa, es decir, que los productos son recibidos los días miércoles y sábados, en ocasiones cuando la demanda es muy alta y no se logra cubrir con el inventario existente en bodega se requiere un pedido adicional en la semana, de los datos recolectados se observa que esta situación se presenta en promedio dos veces al mes.

Actualmente el inventario de la empresa rota aproximadamente cada diecisiete (17) días^(*), cifra que puede considerarse alta, debido a que esta se reabastece cada dos (2) días, además presenta un índice de entregas incompletas del 7,15%^(**) (valor que se encuentra por encima del índice establecido por la empresa - 3% -), lo que implica que 218 clientes no recibieron su pedido completo, y que por ende deberán conseguir el producto faltante en otro lugar, si no lo hacen, perderán las ventas de dicho artículo por un periodo de al menos una semana, debido a que la empresa tiene como política visitar a sus clientes de manera semanal y hacer la entrega del pedido dos (2) días hábiles después de realizada la orden de compra y no efectuar ninguna entrega a un cliente fuera de esta programación, a causa de los costos adicionales de transporte y personal para realizarla. Por otro lado, se estima un nivel de deterioro del 6,64%^(***) sobre la utilidad neta trimestral, lo que representa una pérdida para la empresa de un millón tres mil doscientos sesenta pesos con seis centavos (\$ 1.003.260,06) durante los tres primeros meses del año 2015, resultado de las averías de la mercancía y los productos vencidos, este indicador se considera alto, debido a que la empresa tiene como meta un índice de deterioros del 1% mensual (3% trimestral).

La situación actual de la empresa representa una oportunidad de mejora para abordar y proponer una política de inventarios que se ajuste a las condiciones bajo las que opera la organización, por esta razón, se plantea el diseño de un modelo de gestión de inventarios que permita relacionar aspectos como la demanda y las existencias disponibles para suplir dicha demanda.

(*) Según datos de las cuatros (4) semanas del mes de febrero del 2015.

(**) Según datos obtenidos de la primera semana del mes de febrero del 2015 (218 órdenes incompletas de 3047 pedidos facturados).

(***) Según datos del primer trimestre del año 2015, al dividir \$ 1.003.260,06 (por concepto de los productos deteriorados y vencidos) entre \$ 15.101.365,00 (utilidad neta registrada en los primeros tres meses del año 2015).

Considerando lo anterior se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuáles son las características de la política de inventarios que se ajustan a las particularidades de la empresa Tiendas del Norte S.A.S que permitan una reducción en la rotación de su inventario, manteniendo un buen nivel de servicio?

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer una política de gestión de inventarios para la empresa Tiendas del Norte S.A.S. orientada a reducir la inversión en inventario.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar el estado actual de la empresa Tiendas del Norte S.A.S con respecto al manejo de su inventario.
- Determinar el sistema de pronósticos que mejor se adapte al comportamiento de la demanda de cada uno de los ítems que serán incluidos en la política de inventarios.
- Determinar la política de gestión de inventarios que se ajuste a las características de la empresa Tiendas del Norte S.A.S.

3 REVISIÓN DE LITERATURA

Estudios recientes muestran algunas de las metodologías empleadas y los resultados obtenidos tras proponer algunos sistemas de gestión de inventarios, a continuación se describen algunos de ellos:

Silver (1976)⁸ presenta un método simple para determinar las cantidades a ordenar en una reposición conjunta bajo demanda determinística, en el artículo se considera que si los ítems son suministrados por un mismo proveedor, además supone que el costo de cada ítem y el tiempo de reaprovisionamiento es constante y no hay descuentos por cantidad.

Kaspi y Rosenblatt⁹ (1991) abordaron el problema de reposición conjunta de ítems y proponen el método RAND, que consiste en calcular un límite inferior y superior para el intervalo de reposición, estos límites están divididos en m valores igualmente espaciados. Este es un algoritmo eficaz que promete resultados exitosos no sólo en los modelos deterministas, sino también modelos estocásticos.

Eynan y Kropp¹⁰ (1998) presentan una heurística simple para abordar el problema de reabastecimiento multiproducto utilizando un enfoque de revisión periódica con demanda estocástica asumiendo una distribución normal. Este método consiste en calcular valores de Tiempo de revisión de forma iterativa y se le asigna una frecuencia de pedido a cada producto para hallar el Intervalo de tiempo entre dos órdenes de compra. Este procedimiento a pesar de presentar un método de solución simple ofrece soluciones casi óptimas, además esta heurística podría ser aplicada a otros problemas, como los problemas multi-escalón bajo demanda estocástica.

Vidal, Londoño y Contreras¹¹ (2004) establecen que una buena gestión de inventario es parte fundamental en la logística de una organización de cualquier sector industrial, ya que el buen control de inventario evita uno de los problemas típicos de las organizaciones: la existencia de excesos y faltantes, para ello, presentan la aplicación de un modelo de inventarios en una cadena de

⁸ SILVER. A simple method of determining order quantities in joint replenishments under deterministic demand. En: Management science. 1976, vol. 22, no 12, p.1351-1361.

⁹ KASP, I. M., y ROSENBLATT, M. J. On the economic ordering quantity for jointly replenishment items. En: International Journal of Production Research, vol 29, no. 10, p.107–114.

¹⁰ EYNAN, A. y KROPP, D. H. Periodic review and joint replenishment in stochastic demand environments. En: IIE Transactions. 1998, vol. 30, no. 11, p. 1025 – 1033.

¹¹ VIDAL HOLGUÍN, Carlos Julio; LONDOÑO ORTEGA, Julio César y CONTRERAS RENGIFO, Fernando. Aplicación de modelos de inventarios en una cadena de abastecimiento de productos de consumo masivo con una bodega y N puntos de venta. En: Ingeniería y Competitividad. Septiembre, 2004, vol. 6, no. 1, p. 35-52.

abastecimiento con una bodega y N puntos de venta, donde seleccionaron el sistema de control periódico (R, S), tanto para la bodega como para los 34 puntos de venta de la cadena de abastecimiento caso de estudio. Posteriormente clasificaron los ítems en A, B, C y productos nuevos, y establecieron para cada uno de estos un sistema de pronósticos y un periodo de revisión (R) diferentes, adicionalmente determinaron los niveles de inventario máximo de cada producto (S_i), basados en los Errores Cuadráticos Medios Suavizados ($ECMS$), el tiempo de reposición (L_i), el intervalo de revisión (R_i) y el factor de seguridad (k_i) de cada ítem, eligiendo en este caso el $ECMS$ para prever cualquier demanda con distribución diferente a la normal. Para el cálculo del pronóstico de los productos nuevos, se utilizó el método de promedio móvil progresivo, asumiendo una demanda Poisson. Por otro lado, los autores no calcularon los costos de ordenamiento, de mantenimiento del inventario y de faltantes, argumentando que una buena técnica de control implica directamente reducción de estos costos, sin necesidad de estimarlos previamente, aunque consideraron muy importante su determinación para verificar la bondad del sistema de control de inventarios, a pesar de esto, lograron comprobar la eficacia de su sistema, al observar una reducción del 55% en la rotación neta en días de inventario, manteniendo un nivel de servicio del 98%.

Lung¹² (2007) presenta un método simple para la solución de problemas de Clasificación ABC Multicriterio del Inventario ($MCIC$). El modelo convierte todos los criterios en una puntuación escalar. Para el cálculo de los resultados de la clasificación se utiliza el principio de Pareto. Una de las limitaciones de la clasificación es el número de criterios, cuando la cantidad de criterios es pequeña la especificación del orden de importancia de estos, no es un requisito. Sin embargo, cuando número de criterios es grande, no es una tarea fácil asignar un orden a todos los criterios. Con este método, se pueden obtener las puntuaciones de los artículos sin un optimizador lineal.

Hernández, Gutiérrez y Silva¹³ (2010) implementan un algoritmo de recocido simulado sección dorada RSSD para el problema de reabastecimiento conjunto de ítems, considerando una demanda estocástica con distribución normal. Se comparó el algoritmo propuesto RSSD con otra técnica desarrollada por Eynan Y Kropp. Los resultados obtenidos mostraron que en un alto porcentaje (95%) el algoritmo RSSD propuesto en este trabajo, obtuvo mejores soluciones comparadas con el algoritmo de Eynan Y Kropp.

¹² LUNG, Wan. A simple classifier for multiple criteria ABC analysis. En: European Journal of Operational Research. 2007, vol. 177, no. 1, p.344–353.

¹³ HERNÁNDEZ GONZÁLEZ. algoritmo recocido simulado–sección dorada para el problema de reaprovisionamiento multiproducto con demanda estocástica. En: Revista de Matemática: Teoría y Aplicaciones *et al.* 2010, vol.17, no. 2, p. 121–141.

Castro, Gallego y Castro¹⁴ (2011) presentan un ejemplo de la implementación de la clasificación ABC multicriterio, para ello se utilizaron 20 ítems. Se lleva cabo la creación de una matriz de criterios, donde se fijan los criterios utilizados para esta clasificación: demanda, costo unitario y lead time. Se determinan las ponderaciones utilizadas para los criterios utilizados (0,33 para demanda, costo y 0,34 para el lead time), estos pesos fueron establecidos según la experiencia de las personas encargadas de la gestión y el control de los inventarios. El resultado de esta clasificación es comparado con el resultado obtenido utilizando los mismos datos de la matriz de criterio a excepción de 2 productos con lead time muy alto, dando como resultado una reducción del 50% de los ítems A, un incremento de los ítems B en 67% y en los ítems C un incremento del 47%; de esta manera se llega a la conclusión de que es necesario hacer un análisis minucioso de la información para realizar la clasificación de manera adecuada, ya que es posible que un producto llegue a tener valores demasiado altos o demasiado bajos en los diferentes criterios utilizados, lo que puede ocasionar un cambio importante en la clasificación de una parte de los productos.

Izar Juan Manuel¹⁵ (2012) presenta una técnica para estimar el costo del inventario denominada método Híbrido. Las variables que tienen mayor impacto son los descuentos por volumen que ofrece el proveedor y el costo de cada faltante, este método incluye la mayoría de los costos relacionados al manejo del inventario, lo que lo convierte en una técnica útil para reducir el costo del inventario.

Pérez, Mosquera y Bravo¹⁶ (2012) aplicaron modelos de pronósticos en una cadena de suministro con 23 puntos de dispensación y una bodega central, en la cual se presentan problemas por la elevada cantidad de productos que no rotan y la baja cantidad de los que si lo hacen. Inicialmente establecieron la siguiente clasificación de los ítems basados en su rotación: AAA: productos hasta con un 20% de la rotación total del inventario; A: entre 21% y 50%; B: entre 51% y 80% y C: entre 81% y 100%, con lo que disminuyeron la cantidad de ítems importantes (de 68 a 4) con respecto a la clasificación tradicional. Posteriormente procedieron a determinar por medio de simulación en Excel, el mejor método de pronóstico para cada ítem, tomando como referencia el que menor coeficiente de variación generara, empleando para ello diferentes métodos (promedio móvil, suavización exponencial simple, Holt-Winters y Croston), finalmente se establece que es necesaria la actualización permanente de la demanda y comparar los resultados con los

¹⁴ CASTRO, Carlos; CASTRO, Jaime y VÉLEZ, Mario. Clasificación ABC Multicriterio: Tipos de Criterios y Efectos en la Asignación de Pesos. En: Iteckne. diciembre, 2011, no. 2, p.163-170.

¹⁵ IZAR LANDETA, Juan Manuel, et al. Determinación del costo del inventario con el método híbrido. En: Conciencia Tecnológica. Julio – diciembre, 2012, no. 44, p. 30 – 35.

¹⁶ PÉREZ, Ricardo Alberto; MOSQUERA, Silvio Andrés y BRAVO, Juan José. Aplicación de modelos de pronósticos en productos de consumo masivo. En: Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. Julio-diciembre, 2012, vol. 10, no. 2, p. 117-125.

diferentes métodos para determinar de esta manera el que más se ajuste a la demanda real en cada periodo. Se concluye además, que generalizar pronósticos por categoría aleja los resultados obtenidos con la demanda real.

Un estudio realizado por Otero¹⁷ (2012) en un astillero en Colombia, tiene como objetivo desarrollar una estrategia donde se gestionen los inventarios de las materias primas de uso frecuente, que incluya la selección de los materiales, el establecimiento de niveles de inventario mínimo y máximo y la toma de decisiones a la hora de realizar pedidos y de establecer la cantidad a pedir. Con el objetivo de establecer los materiales requeridos se realizó un análisis a las bases de datos de salida de los insumos del almacén, con el fin de determinar aquellos que son más demandados por los proyectos de construcción, reparación y para el funcionamiento de la organización. Se escogió un modelo de gestión de inventarios de carácter probabilístico de revisión periódica, debido a que los materiales presentan una demanda dinámica, por lo que es necesario establecer inventarios de seguridad apropiados que respondan a estos cambios. Finalmente se establece el sistema (R, S), como el apropiado para la gestión de los materiales de stock en el astillero, teniendo en cuenta el comportamiento de la demanda y los tiempos de reposición. Los parámetros determinados en el sistema son: el periodo de revisión R y el inventario máximo S. Con la implementación del sistema, se podría evidenciar una mejora en el nivel de servicio, dado que será posible atender al cliente interno de manera ágil y se garantizaran unos niveles de inventario mínimos que permitan responder efectivamente a las fluctuaciones de la demanda, además de una reducción en los costos de pedido, teniendo en cuenta que el sistema permite revisar en forma simultánea las existencias de diferentes materiales que son comprados al mismo proveedor y de esta manera se podría realizar un solo pedido.

Por otra parte, Pérez, *et al*¹⁸ realiza en el año 2013 un modelo de gestión de inventarios para una empresa de productos alimenticios con el objetivo de mejorar su nivel de servicio, debido a que este se encontraba por debajo de su meta (75% de un 95% objetivo). Dicho nivel de servicio se obtuvo al comparar la demanda planeada frente a los pedidos entregados en el periodo comprendido entre los años 2008 y 2011, donde posteriormente determinaron cuál de sus productos estrella contribuía en mayor medida a dicho incumplimiento. Para el producto en cuestión, se seleccionó el sistema de pronósticos de Promedio Móvil Simple con $N = 12$, ya que este se ajustaba mejor a su demanda al tomar como referencia el Error Cuadrático Medio (ECM). Finalmente, como sistema de gestión de inventarios, seleccionaron el sistema de revisión periódico (R, S), debido a que este presentaba

¹⁷ OTERO PINEDA, María Alejandra. Diseño de una propuesta de gestión de abastecimiento e inventarios para un astillero en Colombia. Tesis para optar por el título de Magister en Ingeniería Industrial. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería en Sistemas e Industrial. 2012. p. 107.

¹⁸ PÉREZ VERGARA, Ileana, *et al*. Un modelo de gestión de inventarios para una empresa de productos alimenticios. *En*: Ingeniería Industrial. Mayo-agosto, 2013, vol. 34, no. 2, p. 227-236.

ventajas en flexibilidad y practicidad en su implementación y seguimiento. Al medir la efectividad de la propuesta mediante una prueba piloto de 4 semanas, se alcanzó un nivel de servicio del 87,23% y unos beneficios anuales promedios de \$80.656.695,36 representados por las ventas adicionales al implementar dicho sistema de inventarios.

Gutiérrez, *et al*¹⁹ (2013) propusieron la aplicación de un modelo de inventarios basado en la política (R, S), para una empresa dedicada a la fabricación de transformadores, lo anterior con el objetivo de disminuir el inventario de materias primas de los productos más representativos, de manera tal que se conserve un nivel de servicio alto. En primera instancia determinaron los artículos críticos, es decir, los que más impactan sobre el inventario, mediante una clasificación ABC, posteriormente procedieron a determinar la distribución de probabilidad que mejor se ajustaba a la demanda de dichos artículos para establecer el inventario máximo (S) de cada material, se calculó para dos niveles de servicio diferentes (75% y 90%), seguidamente analizaron el comportamiento de la función de costos (está definida por los costos de pedir, mantener y de escasez) para diferentes valores de S, encontrando que esta se hacía mínima para valores cercanos al inventario calculado con un nivel de servicio del 90%. Dicho modelo se validó con los datos de la demanda del periodo comprendido entre marzo 2010 a febrero 2011, donde se obtuvo que en 3 de los 5 productos estudiados no hubo desabasto.

Determinar el inventario de seguridad es importante, debido a que este permite amortiguar los errores de los pronósticos de la demanda, Nieto²⁰ (2013) muestra en su estudio dos modelos para determinar el inventario de seguridad en productos tipo A, debido a que estos son los productos que representan la mayor cantidad de ventas y ocupan más espacio de almacenamiento; en el primer método se utilizan las técnicas de pronósticos tradicionales y se obtiene el error cuadrático medio (ECM) y el factor de seguridad (k) para determinar el inventario de seguridad. El segundo modelo utiliza el promedio ponderado y la desviación de la serie de tiempo para determinar el inventario de seguridad. Finalmente el modelo muestra sobrecostos de almacenamientos para algunos productos, pero en el análisis global de costos presenta un ahorro en comparación al modelo que usa la empresa, también se evidencia una mejora en el nivel de servicio durante el periodo simulado con el modelo propuesto.

¹⁹ GUTIÉRREZ GONZÁLEZ, Eduardo, *et al.* Aplicación de un modelo de inventario con revisión periódica para la fabricación de transformadores de distribución. En: Ingeniería Investigación y Tecnología. Octubre-diciembre, 2013, vol. 14, no. 4, p. 537-551.

²⁰ NIETO MONTEALEGRE, Jessica Paola. Aplicación de diferentes modelos para determinar el stock de seguridad óptimo en una empresa distribuidora. Tesis para optar por el título de especialista en Gerencia de Logística Integral. Universidad Militar Nueva Granada. 2013.

Tabla 1. Aportes de la revisión de la literatura.

Autor/Año	Tema	Aporte
Eynan y Kropp/ 1998	Periodic review and joint replenishment in stochastic demand environments.	Aplicación de una heurística simple para abordar el problema de reabastecimiento multiproducto bajo una demanda estocástica, asumiendo una distribución normal, lo que permite formular una función de costo.
Vidal, Londoño y Contreras 2004	Aplicación de modelos de inventarios en una cadena de abastecimiento de productos de consumo masivo con una bodega y N puntos de venta.	Selección del sistema de control periódico (R, S). Clasificaron ABC de los ítems. Determinación de los niveles de inventario máximo de cada producto (Si), basados en los Errores Cuadráticos Medios Suavizados (ECMS), el tiempo de reposición (Li), el intervalo de revisión (Ri) y el factor de seguridad (ki) de cada ítem, eligiendo en este caso el ECMS para prever cualquier demanda con distribución diferente a la normal.
Wan Lung 2007	A simple classifier for multiple criteria ABC analysis	Aplicación de un método simple para la solución de problemas de Clasificación ABC Multicriterio de Inventario (MCIC).
Castro, Gallego y Castro 2011	Clasificación ABC Multicriterio: Tipos de Criterios y Efectos en la Asignación de Pesos.	Creación de una matriz de criterios donde fijan los criterios utilizados para esta clasificación: ventas, rotación de inventario, costo y volumen. Se determinan las ponderaciones utilizadas para los criterios.
Pérez, Mosquera y Bravo 2012	Aplicación de modelos de pronósticos en productos de consumo masivo.	Establece la siguiente clasificación de los ítems basados en su rotación: AAA: productos hasta con un 20% de la rotación total del inventario; A: entre 21% y 50%; B: entre 51% y 80% y C: entre 81% y 100%, con lo que disminuyeron la cantidad de ítems importantes (de 68 a 4) con respecto a la clasificación tradicional.
Otero 2012	Diseño de una propuesta de gestión de abastecimiento e inventarios para un astillero en Colombia.	Se establece el sistema (R, S), como el apropiado para la gestión de los materiales de stock, teniendo en cuenta el comportamiento de la demanda y los tiempos de reposición.
Pérez, <i>et al</i> 2013	Un modelo de gestión de inventarios para una empresa de productos alimenticios.	Se toma como referencia el Error Cuadrático Medio (ECM) para seleccionar el mejor pronóstico. Selección del sistema de revisión periódico (R, S), debido a que este presenta ventajas en flexibilidad y practicidad en su implementación y seguimiento.

Autor/Año	Tema	Aporte
Gutiérrez, <i>et al</i> 2013	Aplicación de un modelo de inventario con revisión periódica para la fabricación de transformadores de distribución	Determinación de la distribución de probabilidad que mejor se ajusta a la demanda para establecer el inventario máximo (S) de cada material, se calculó para dos niveles de servicio diferentes (75% y 90%), seguidamente se analiza el comportamiento de la función de costos (definida por los costos de pedir, mantener y de escasez) para diferentes valores de S, encontrando que esta se hacía mínima para valores cercanos al inventario calculado con un nivel de servicio del 90%.
Nieto 2013	Aplicación de diferentes modelos para determinar el stock de seguridad óptimo en una empresa distribuidora.	Se estudian dos modelos para determinar el inventario de seguridad en productos tipo A. En el primer método se utilizan las técnicas de pronósticos tradicionales y se obtiene el error cuadrático medio (ECM) y el factor de seguridad (k) para determinar el inventario de seguridad. El segundo modelo utiliza el promedio ponderado y la desviación de la serie de tiempo para determinar el inventario de seguridad.
IZAR <i>et al</i> 2012	Determinación del costo del inventario con el método híbrido.	Aplicación a un caso ilustrativo donde se puede evidenciar claramente el cálculo de los costos de ordenar, costos de mantener y costos de agotados. El método Híbrido contiene la mayor parte de los costos involucrados en el manejo del inventario, debido a que considera los faltantes y el efecto del ahorro derivado del descuento por comprar un mayor volumen de artículos.

Fuente. Elaborado por los autores

4 MARCO TEÓRICO

4.1 CLASIFICACIÓN ABC

La clasificación ABC es una práctica que utilizan las empresas para agrupar en categorías sus productos y aplicar políticas de control a cada una de estas. Lo anterior se debe a que en la actualidad las organizaciones tanto industriales como comerciales manejan una gran cantidad de productos y sería demasiado costoso e impráctico manejar políticas de control y monitoreo igual de rigurosas para cada ítem.²¹

4.1.1 Clasificación ABC tradicional

La clasificación ABC tradicional es un proceso para dividir los productos de una compañía en tres categorías, de acuerdo a su volumen de ventas (costo por demanda), con el objetivo de enfocar la atención en aquellos ítems con el valor monetario más alto. Dicha clasificación es similar a la creación de un gráfico de Pareto, ya que generalmente un pequeño grupo de artículos representan un volumen alto de ventas, mientras que un gran número de productos, constituyen un volumen bajo de ventas. En el análisis ABC la clasificación es la siguiente: los ítems clase A por lo regular representan el 20% del total de los artículos y un 80% del valor de consumo, los ítems clase B corresponden a otro 30% del total y un 15% de las ventas y finalmente los productos clase C representan el 50% del total de los artículos, pero únicamente el 5% de la inversión en inventario.²²

4.1.2 Clasificación ABC Multicriterio

El problema Clasificación ABC Multicriterio del Inventario (*MCIC* o *MCABC* por sus siglas en inglés) se presenta cuando se incluyen dos o más criterios para realizar el análisis de la clasificación. En la tabla 2 se presentan los criterios más utilizados a fin de tratar este tipo de problema, a qué tipo de ítems aplica y su unidad de medida.

²¹ CASTRO, Carlos; CASTRO, Jaime y VÉLEZ, Mario. Op. cit., p.164.

²² KRAJEWSKI, Lee; RITZMAN, Larry y MALHOTRA, Manoj. Op. Cit., p. 469.

Tabla 2. Matriz de criterios para la clasificación ABC

CRITERIOS	UNIDAD DE MEDIDA	ENTRADA		SALIDA	
		Materias primas	Repuestos	Fabricante	Comercializadora
Demanda/Venta Anual	Unidades/Año			x	x
Consumo/Utilización Anual	Unidades/Año	x	x		
Inventario promedio	Unidades/Año	x	x	x	x
Costo unitario	\$/Unidad	x	x	x	x
Volumen	m ³ /Unidad	x	x	x	x
Criticidad	0,1,2,3,4,5	x	x		
Costo Anual del inventario	\$/Año	x	x	x	x
Costo Anual Demanda/Ventas	\$/Año			x	x
Costo Anual Consumo/Utilización	\$/Año	x	x		
Tiempo de entrega	Unidades de tiempo	x	x		x
Tiempo de producción por lote	Unidades de tiempo			x	
Escasez	1,2,3,4,5	x	x		
Durabilidad	1,2,3,4,5	x	x	x	x
Sustituibilidad	1,2,3,4,5	x	x		
Reparabilidad	1,2,3,4,5		x	x	x
Número de proveedores	Cantidad	x	x		x
Almacenabilidad	1,2,3,4,5	x	x	x	x
Tamaño de lote	Unidades	x		x	x

Fuente: Castro Zuluaga *et al* (2011)

La criticidad se representa en una escala de 1 a 5, donde 5 significa un alto costo de faltantes y que el ítem es importante para el desempeño del sistema productivo, en consecuencia este criterio sólo es utilizado para clasificar materias primas y repuestos. La escasez se mide en una escala de 1 a 5 y representa la dificultad de adquirir un ítem, este criterio es de importancia para artículos importados. Por otro lado, la durabilidad hace referencia al tiempo que un artículo continúa siendo útil, se mide en una escala de 1 a 5, donde 5 representa un periodo corto de vida. El criterio de sustituibilidad es útil cuando se tienen ítems que pueden ser reemplazados por otros sin afectar el sistema productivo, se mide en una escala de 1 a 5 en la que el producto que tiene una cantidad significativa de sustitutos toma un valor de 1. Por otro lado, los productos que no tienen sustitutos toman un valor de 5. El criterio de reparabilidad se refiere a los ítems que al presentar faltantes pueden ser arreglados y reutilizados, los ítems que pueden ser reparados ágilmente toman un valor de 1 y los que no toman un valor de 5. Finalmente el criterio de almacenabilidad muestra la dificultad en el almacenamiento de un artículo, se mide en una escala de 1 a 5, los ítems que representan una mayor dificultad toman un valor de 5.

Con la finalidad de identificar cuales artículos son más importantes se utilizan pesos o ponderaciones, estos se pueden determinar de manera subjetiva, es decir pueden ser definidos según la experiencia de las personas encargadas de la gestión y el control de los inventarios o mediante un modelo matemático.

Procedimiento

A continuación se describe el procedimiento planteado por Castro Zuluaga *et al* (2011)²³ para realizar la Clasificación ABC Multicriterio.

Al realizar una clasificación ABC Multicriterio es necesario normalizar la información para cada uno de los valores mostrados en la tabla 2, ya que los diferentes criterios utilizan unidades de medida que no son comparables ni operables entre ellas (ver tabla 2 para las unidades de medida de los diferentes criterios) como, por ejemplo, semanas y unidades como es el caso del lead time y la demanda. Así mediante la ecuación 1 se obtienen valores normalizados $[(y_n)]_{ij}$, entre 0 y 1 de todos los datos de la tabla 2, los cuales se encuentran positivamente relacionados

Inicialmente se normalizan los datos, ya que los diferentes criterios manejan unidades de medida que no son comparables, por ejemplo las unidades de medida

²³ CASTRO, Carlos; CASTRO, Jaime y VÉLEZ, Mario. Op. cit., p.163-170.

del lead time y la demanda (semanas y unidades) no son operables. Este procedimiento se realiza mediante la ecuación 1.

Ecuación 1. Valores normalizados.

$$yn_{ij} = \frac{y_{ij} - \min_{i=1,2,\dots,I}\{y_{ij}\}}{\max_{i=1,2,\dots,I}\{y_{ij}\} - \min_{i=1,2,\dots,I}\{y_{ij}\}}$$

Donde:

y_{ij} = Valor del criterio j-ésimo para el i-ésimo ítem del inventario.

Una vez se han normalizado los datos, se procede a calificar cada ítem dándole un puntaje total a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 2. Calificación o puntaje total.

$$puntuaje\ total = \sum_{i=1}^I w_j yn_{ij}$$

Donde:

w_j = Peso asignado al criterio j, los pesos deben estar entre 0 y 1.

yn_{ij} = Valor normalizado del ítem i-ésimo con respecto al criterio j-ésimo.

Bajo la restricción $\sum_{i=1}^I w_j = 1$

Finalmente, después de calificar cada ítem y de haber organizado dichas calificaciones en orden descendente, se procede a aplicar el principio de Pareto descrito en la sección anterior (ítems clase A, 20%, clase B, 30% y clase C, 50%). De esta manera se obtiene la Clasificación ABC Multicriterio de los productos.

4.1.3 Clasificación ABC Wan Lung

Esta clasificación es propuesta como una técnica alternativa para la solución de problemas de Clasificación ABC Multicriterio del Inventario (MCIC).

Procedimiento

A continuación se describe el procedimiento planteado por Lung (2007)²⁴ para realizar la Clasificación ABC Multicriterio.

Inicialmente se acomodan los criterios en orden de importancia, esto se realiza de manera subjetiva, basado en la experiencia de las personas encargadas de la gestión y el control de los inventarios.

Posteriormente se realiza la normalización de los criterios utilizando la ecuación 1 con el fin de lograr que los criterios tengan medidas comparables. Una vez hecho esto, se procede con los siguientes pasos:

Paso 1. Calcular los promedios parciales para cada ítem i , mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 3. Promedios parciales.

$$\frac{1}{j} \sum_{k=1}^j x_{ik}, \quad j = 1, 2, \dots, J; i = 1, 2, \dots, I$$

Donde:

j = a los primeros j -ésimos criterios promediados para cada ítem i .

x_{ik} = es el valor normalizado del j -ésimo criterio para el i -ésimo ítem.

La ecuación 3 indica lo siguiente: si $j = 1$ e $i = 1$, se toma el valor normalizado del primer criterio para el ítem 1; si $j = 2$ e $i = 1$, se promedian los valores normalizados de los primeros dos criterios para el ítem 1 y así sucesivamente hasta $j = J$ e $i = I$.

²⁴ LUNG, Wan. Op. cit, p.344–353.

Paso 2. Seleccionar el valor más alto de los promedios parciales de cada ítem como la puntuación de dicho ítem.

Paso 3. Ordenar las puntuaciones en orden descendente.

Paso 4. Aplicar el principio de Pareto descrito en la 4.1.1 (ítems clase A, 20%, clase B, 30% y clase C, 50%).

De esta manera se obtiene la Clasificación ABC Multicriterio de los productos.

4.2 ASPECTOS A CONSIDERAR EN UN SISTEMA DE INVENTARIOS

El inventario se puede definir como los recursos utilizados o las existencias que posee la empresa para su comercialización, o en otras palabras para la compra y venta de bienes. El control de las existencias es de vital importancia ya que tiene un gran impacto en los estados financieros de la organización.²⁵ Para lograr un buen servicio al cliente, reducir costos de producción o de transporte y reducir costos de operación se debe contar con una buena política de inventarios.

Las preguntas que se deben responder a través de una política de inventarios son:

- ¿Con que continuidad se debe revisar las existencias en inventario?
- ¿Cuándo debe ser ordenado?
- ¿Qué cantidad debe ser ordenada en cada orden de pedido?²⁶

4.2.1 Costos.

Para tomar cualquier decisión con respecto a una política de inventarios, es de suma importancia considerar los siguientes costos:

Costo de almacenamiento y manejo: estos costos resultan de mantener o guardar productos en un determinado periodo de tiempo y son proporcionales a la cantidad de artículos disponibles. Dichos costos comprenden las siguientes categorías:

²⁵ CHASE y JACOBS. Op. cit., p. 558.

²⁶ VIDAL HOLGUÍN, Carlos Julio. Fundamentos de control y gestión de inventarios. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del Valle, 2010. p.5.

- **Costo de capital:** también llamado costo de oportunidad, hace referencia al rendimiento que el dinero comprometido en el inventario podría obtener al estar invertido en otra parte, como por ejemplo el interés que ganaría dicho dinero en una cuenta de ahorros o la tasa mínima de retorno de una empresa. Estos costos deben estar expresados en términos antes de impuestos, considerando que los demás costos de mantenimiento del inventario se encuentran en estos términos. Para pasar de un costo de oportunidad a términos antes de impuestos se utiliza la siguiente ecuación:²⁷

Ecuación 4. Costo de oportunidad antes de impuestos.

$$Tasa\ antes\ de\ impuestos = \frac{Tasa\ después\ de\ impuestos}{1 - tasa\ de\ impuestos}$$

Donde la *tasa de impuestos* es el impuesto que debe pagar la empresa sobre su utilidad bruta al estado.

- **Costos de riesgos de inventario:** están relacionados con los deterioros a causa del daño o la descomposición física del inventario y la pérdida o robo de la mercancía por parte de los clientes o empleados.
- **Costos de servicios de inventario:** estos comprenden los seguros e impuestos y hacen parte del costo de manejar, debido a que dependen directamente de la cantidad de existencias almacenadas.²⁸

El costo de mantener el inventario se calcula con la siguiente ecuación:

Ecuación 5. Costo de mantener.

$$C_m = Ivr$$

Donde C_m es el costo de mantenimiento del inventario [\$/año], I es el inventario promedio anual [unidades], v es el costo de cada ítem [\$/unidades] y r es la tasa del costo de mantener el inventario [%/año].

²⁷ VIDAL HOLGUÍN, Planeación, Optimización y Administración de Cadenas de Abastecimiento. Op. cit. p. 58 - 59.

²⁸ BALLOU. Op. cit. p. 337-339.

Donde r se puede estimar mediante la siguiente ecuación:²⁹

Ecuación 6. Tasa de mantener el inventario, r .

$$r = \frac{\text{Costos anuales}}{\text{Inventario anual valorizado al costo}}$$

Costo de ordenar o de pedir: hace referencia a los costos administrativos y de oficina para la preparación y transmisión de una orden de compra, al igual que su recepción. Dicho costo no depende del tamaño del pedido.³⁰ Para el caso de una comercializadora el costo de ordenar, A , se puede calcular con la siguiente ecuación:³¹

Ecuación 7. Costo de ordenar, A .

$$A = \frac{\text{Costos de ordenar en el período}}{\# \text{ de ordenes generadas en el período}}$$

Costo de faltantes: este costo ocurre cuando se recibe un pedido y no puede suplirse del inventario, ya sea de forma parcial o completa. Al generarse un faltante existen dos posibilidades: primero que la venta se pierda, en cuyo caso el costo asociado sería el beneficio que deja de percibirse más un costo adicional, producto de la pérdida de la buena voluntad por parte del cliente, y en segundo lugar que se genere una orden pendiente, en este caso ocurren costos adicionales por el procesamiento de la nueva orden, el transporte y manejo del nuevo pedido y adicionalmente la insatisfacción del cliente por no tener su pedido en el momento deseado.³²

El costo de faltante se puede calcular con la ecuación 8, que es un aporte del método híbrido, este método es una combinación del EOQ, punto de renovación de

²⁹ CASTRO ZULUAGA, Carlos; URIBE CADAVID, Diana y CASTRO URREGO, Jaime. Marco de Referencia para el Desarrollo de un Sistema de Apoyo para la Toma de Decisiones para la Gestión de Inventarios. En: Revista INGE CUC. Junio, 2014, vol. 10, no. 1, p. 36 - 37.

³⁰ CHASE y JACOBS. Op. cit., p. 560.

³¹ CASTRO ZULUAGA; URIBE CADAVID y CASTRO URREGO. Op. Cit., p. 37.

³² SIPPER, Daniel y BULFIN, Robert. Planeación y control de la producción. 1 ed. México: Mc Graw-Hill, 1998. p. 222.

pedido y descuentos por parte del proveedor al adquirir mayores volúmenes de artículos.³³

Ecuación 8. Costo de faltante por unidad.

$$C_f = (1 + \alpha)(Pr - Ca)$$

Donde:

C_f = costo unitario de cada faltante (\$/unidad), hace referencia al costo B_2v descrito por Vidal (2010)³⁴.

Pr = precio de venta de cada artículo.

Ca = precio de compra de cada producto. Es similar al valor v .

α = una fracción adicional que representa el efecto negativo de la mala publicidad generada al no poder suplir un pedido en su totalidad, α puede tener un valor entre 0.5 y 1.

4.2.2 Tiempo de reposición, L .

También conocido como *lead time*, es el tiempo que transcurre entre el momento de expedir una orden de compra y el instante en que se reciben los artículos y están listos para ser demandados por el cliente.³⁵

4.2.3 Nivel de servicio.

Nivel de servicio, P_2 (*fill rate*)

Es la probabilidad de que un artículo esté disponible en el momento y en la cantidad solicitada para cumplir con la demanda de manera inmediata y se define como:³⁶

³³ IZAR LANDETA. Op. cit., p. 30 – 35.

³⁴ VIDAL HOLGUÍN, Fundamentos de control y gestión de inventarios, Op. cit. p. 32.

³⁵ VIDAL HOLGUÍN, Fundamentos de control y gestión de inventarios, Op. cit. p. 33.

³⁶ BALLOU. Op. cit. p. 336.

Ecuación 9. Nivel de servicio, P₂.

$$\text{Nivel de servicio } (P_2) = 1 - \frac{\text{Numero de unidades agotadas anualmente}}{\text{Demanda anual total}}$$

Nivel de servicio, P₁

Es la probabilidad de que no ocurran faltantes de un artículo en cada ciclo de reposición.³⁷

Ecuación 10. Nivel de servicio, P₁.

$$\text{Nivel de servicio } (P_1) = 1 - \frac{\text{No. de eventos de faltantes}}{\text{No. total de períodos}}$$

4.2.4 Tipo y patrón de demanda.

El objetivo fundamental del manejo de la demanda es analizar y controlar todos los posibles factores que intervienen en la cantidad de bienes y servicios que pueden ser adquiridos, con el propósito de utilizar de una manera eficiente los recursos de una organización, para ello es necesario conocer en primera instancia el tipo de demanda que tiene un producto o servicio, esta puede ser independiente o dependiente.³⁸

Demanda independiente: En este caso el origen de la demanda se da por fuentes externas a la propia empresa, y se llama independiente ya que la demanda del inventario no obedece a las acciones de la empresa, en la mayoría de los casos el inventario está compuesto por productos terminados y listos para comercializar.

Demanda dependiente: esta se presenta cuando la demanda de un producto o servicio se encuentra ligada a la demanda de otro producto o servicio, además el origen de esta demanda se da por decisiones internas tomadas por la organización, sobre todo si son decisiones como: que fabricar, en que cantidad y en qué momento. Este inventario se puede tomar como respuesta directa a los requerimientos de los

³⁷ VIDAL HOLGUÍN. Fundamentos de control y gestión de inventarios Op. cit. p. 185.

³⁸ CHASE y JACOBS. Op. cit., p. 485.

clientes, debido a que permite tomar decisiones de producción en momentos y en cantidades diferentes³⁹.

Otro aspecto de suma importancia para establecer una política para la gestión y control del inventario es determinar, con base en datos históricos, el tipo de patrón que sigue la demanda. Los patrones básicos que puede seguir una demanda son los siguientes: ⁴⁰

Horizontal (estable o perpetua): la demanda fluctúa con respecto a una media constante.

Tendencial: el valor de la demanda aumenta o disminuye de manera sistemática en el tiempo.

Estacional: es un patrón de demanda en el que se presentan picos repetitivos en ciertos periodos de tiempo, ya sean días, semanas, meses o temporadas.

Aleatorio: en este caso la variación de la demanda en el tiempo es imprevisible.

La ecuación 11 presenta una forma de determinar si el comportamiento de la demanda es estable o errática: ⁴¹

Ecuación 11. Coeficiente de variación de la demanda.

$$\text{Coeficiente de variación de la demanda} = \frac{\text{Desviación estándar de la demanda}}{\text{Demanda promedio}}$$

Si el coeficiente de variación es menor a 1 (100%), la demanda se puede catalogar como estable o perpetua, en caso contrario (coeficiente de variación igual o mayor a 1) se catalogará como demanda errática.

³⁹ CHAPMAN, Stephen. Planeación y control de la producción. 1 ed. México: PEARSON EDUCACIÓN, 2006. p. 101-102.

⁴⁰ KRAJEWSKI, RITZMAN y MALHOTRA. Op. cit. p. 523.

⁴¹ VIDAL HOLGUÍN, Fundamentos de control y gestión de inventarios, Op. cit., p. 34 - 36.

4.3 SISTEMAS DE PRONÓSTICOS DE DEMANDA

Para las empresas es importante realizar un pronóstico de forma asertiva, porque de esta manera le será más fácil a la organización saber lo que sucederá con las ventas de los productos de su empresa. Las principales técnicas de pronósticos son: promedio móvil y suavización exponencial simple, indicados para patrones de demanda estable, perpetua o uniforme. El sistema de pronósticos de suavización exponencial doble, útil para casos de demandas con tendencia creciente o decreciente. El método de Winter utilizado en patrones de demanda estacional o periódica y el método de Croston para los casos de demanda errática o intermitente. Además de estos métodos existen muchos más, los cuales tienen en cuenta variables adicionales, lo que hace, que dichos sistemas de pronósticos sean más precisos⁴².

4.3.1 Promedio móvil.

Para pronosticar la demanda, este método utiliza el promedio de los datos más recientes con el objetivo de reducir el efecto de la variabilidad. El promedio móvil está dado matemáticamente por:⁴³

Ecuación 12. Promedio móvil.

$$M_T = \frac{1}{N}(x_T + x_{T-1} + x_{T-2} + \dots + x_{T-N+1})$$

Donde N es el número de periodos que se consideran en el promedio móvil, M_T es el valor del promedio móvil del periodo actual, a partir del cual se pronostica la demanda del periodo siguiente y x_T es el valor de la demanda en el periodo actual.

4.3.2 Suavización exponencial simple.

Se calcula a partir del pronóstico anterior y el nuevo dato de demanda proporcionado mediante la siguiente ecuación:⁴⁴

⁴² Ibid., p. 41.

⁴³ VIDAL HOLGUÍN, Fundamentos de control y gestión de inventarios, Op. cit., p. 60 - 62.

⁴⁴ Ibid., p. 68 - 71.

Ecuación 13. Pronóstico método suavización exponencial simple.

$$S_T = \alpha x_T + (1 - \alpha)S_{T-1}$$

Donde x_T es el último dato de demanda observado, S_T es el pronóstico de la demanda al final del periodo T y α es el peso dado a la observación de demanda más reciente (donde α puede oscilar entre 0 y 1, aunque en la práctica resulta más apropiado utilizar valores de α entre 0,01 y 0,3, debido a que un valor grande (mayor a 0,3) hace que el pronóstico sea más sensible al dato más reciente, mientras que para un valor pequeño (menor a 0,01) será más sensible a un a mantener el promedio de los datos). La constante de suavización α tiene por objetivo ayudar a que el sistema pueda reaccionar de manera rápida ante cambios en el patrón de demanda o por otro lado, mantener la estabilidad del sistema.

4.3.3 Suavización exponencial doble.

Si se predice una demanda con tendencia creciente o decreciente con el método de suavización exponencial simple el pronóstico subestimaría o sobreestimaría la demanda real debido a que este tendría una reacción retrasada al crecimiento o decrecimiento, para corregir esto el método de suavización exponencial doble estima el componente constante y de tendencia de la demanda.⁴⁵

Para este método se utiliza la ecuación 13 y un nuevo operador ($S_T^{[2]}$) que utiliza la misma constante de suavización α , éste operador indica que se está realizando el proceso representado en la ecuación 13 por segunda vez.

Ecuación 14. Nuevo operador $S_T^{[2]}$

$$S_T^{[2]} = \alpha S_T + (1 - \alpha)S_{T-1}^{[2]}$$

De esta manera, a través de las ecuaciones 13 y 14 se calcula el pronóstico de la demanda con la siguiente ecuación:

Ecuación 15. Pronóstico método suavización exponencial doble.

$$\hat{x}_{T+\tau}(T) = \left(2 + \frac{\alpha\tau}{1 - \alpha}\right)S_T - \left(1 + \frac{\alpha\tau}{1 - \alpha}\right)S_T^{[2]}$$

⁴⁵ VIDAL HOLGUÍN, Fundamentos de control y gestión de inventarios, Op. cit., p. 78 - 82.

Donde $\hat{x}_{T+\tau}(T)$ es el pronóstico de la demanda τ periodos adelante a partir del periodo actual T .

Inicialización de la suavización exponencial doble

Según las ecuaciones 13 y 14 se concluye que para el cálculo del pronóstico se deben estimar los valores iniciales de S_0 y $S_0^{[2]}$, los cuales se calculan a través de las ecuaciones 16 y 17 respectivamente.

Ecuación 16. Valor inicial S_0 .

$$S_0 = \hat{b}_1(0) - \left(\frac{\alpha}{1-\alpha}\right) \hat{b}_2(0)$$

Ecuación 17. Valor inicial $S_0^{[2]}$.

$$S_0^{[2]} = \hat{b}_1(0) - 2\left(\frac{\alpha}{1-\alpha}\right) \hat{b}_2(0)$$

Donde:

$\hat{b}_1(0)$ = Es la estimación del valor constante de la demanda, determinado con base en la regresión lineal de los datos históricos.

$\hat{b}_2(0)$ = Estimación de la pendiente de la tendencia de la demanda ya sea creciente o decreciente, determinada con base en los datos históricos.

4.3.4 Errores de estimación de los pronósticos

Los errores de estimación hacen parte de cualquier sistema de pronósticos, estos se pueden clasificar en dos grupos: los errores de sesgo, que se presentan generalmente cuando no se ha pronosticado de manera correcta el patrón de demanda observado y los errores aleatorios, que son el resultado de factores que están fuera del control de cualquier organización.⁴⁶

⁴⁶ KRAJEWSKI, RITZMAN y MALHOTRA. Op. cit. p. 541-542.

El error del pronóstico se calcula con la siguiente ecuación:

Ecuación 18. Error del pronóstico para un periodo determinado e_t .

$$e_t = x_t - \hat{x}_t$$

Donde e_t es el error del pronóstico en el periodo t , x_t es la demanda observada en el periodo t y \hat{x}_t es la demanda pronosticada en el periodo t .

A continuación se presentan los errores de estimación más utilizados en la práctica. Permiten comparar distintos modelos de pronóstico, así como controlar y garantizar un buen desempeño de los pronósticos: ⁴⁷

Suma Corriente de los Errores Pronosticados (SCEP).

La Suma Corriente de los Errores Pronosticados (*SCEP* o *RSFE* por sus siglas en inglés) mide el sesgo de los errores del pronóstico, por ejemplo, si este error es muy grande indicaría que el pronóstico subestima la demanda y podría indicar que se omitió la tendencia o un patrón de demanda. ⁴⁸

Ecuación 19. Suma Corriente de los Errores Pronosticados (SCEP).

$$SCEP = \sum_{t=1}^n e_t$$

Donde n es el número de periodos considerados en el análisis.

Error Cuadrático Medio (ECM)

El Error Cuadrático Medio (ECM o *MSE* por sus siglas en inglés) es el promedio de los errores cuadráticos en un periodo específico.

⁴⁷ VIDAL HOLGUÍN, Fundamentos de control y gestión de inventarios, Op. cit., p. 51 - 55.

⁴⁸ KRAJEWSKI, RITZMAN y MALHOTRA. Op. cit. p. 541-542.

Ecuación 20. Error Cuadrático Medio (ECM).

$$ECM = \frac{\sum_{t=1}^n (x_t - \hat{x}_t)^2}{n}$$

Donde n representa el número de periodos (pronósticos) considerados en el análisis.

Desviación Media Absoluta (MAD)

La Desviación Absoluta Media (*MAD* por sus siglas en inglés) es el promedio de los errores absolutos en un periodo específico.

Ecuación 21. Desviación Media Absoluta (MAD).

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |x_t - \hat{x}_t|}{n}$$

Donde n representa el número de periodos (pronósticos) considerados en el análisis.

Para valores pequeños de *ECM*, y *MAD* se considera que el pronóstico es muy cercano a la demanda real, mientras que si sus valores son muy grandes, indicaría que existen problemas en el sistema de pronósticos.

Desviación Absoluta Porcentual Media (MAPE)

La Desviación Absoluta Porcentual Media (*MAPE* por sus siglas en inglés) permite identificar el desempeño del pronóstico en términos porcentuales y se interpreta como el porcentaje promedio del error absoluto del pronóstico con respecto a la demanda real observada (*MAPE*) o con respecto al pronóstico estimado (*MAPE'*).

Ecuación 22. Error Porcentual Medio Absoluto (MAPE).

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{x_t - \hat{x}_t}{x_t} \right|}{n} * 100\%$$

Ecuación 23. Error Porcentual Medio Absoluto (MAPE').

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{x_t - \hat{x}_t}{\hat{x}_t} \right|}{n} * 100\%$$

Desviación Estándar de los Errores del Pronóstico

La desviación estándar de los errores del pronóstico (σ_1) es un valor indispensable para calcular los inventarios de seguridad. Ésta se puede calcular con respecto a la *MAD* asumiendo que los errores del pronóstico se distribuyen normalmente o con respecto a al *ECM* sin considerar ninguna distribución de probabilidad.

Ecuación 24. Desviación estándar de los errores del pronóstico con la *MAD*.

$$\sigma_1 = \sqrt{\frac{\pi}{2}} * MAD \cong 1.2533 * MAD$$

Ecuación 25. Desviación estándar de los errores del pronóstico con el *ECM*.

$$\sigma_1 = \sqrt{ECM}$$

4.3.5 Señal de Seguimiento (SS)

Las señales de seguimiento (*SS* o *TS* por sus siglas en inglés) es una medida que ayuda a los supervisores de pronósticos a medir y controlar la precisión de sus estimaciones. La señal de seguimiento se calcula con la siguiente ecuación:⁴⁹

Ecuación 26. Señal de seguimiento.

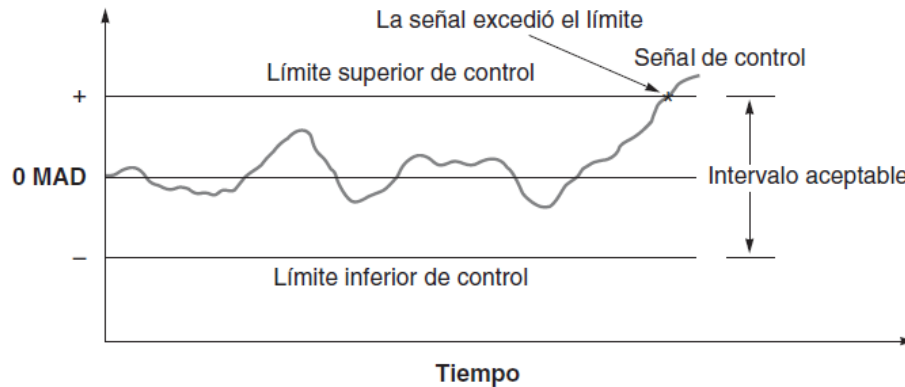
$$SS = \frac{SCEP}{MAD}$$

Una señal de seguimiento positiva indica que la demanda real es mayor que el pronóstico y viceversa. En la figura 1 se muestra una señal de seguimiento que ha

⁴⁹ CHASE y JACOBS. Op. cit., p. 505.

excedido su límite de control superior, lo que indica que el sistema de pronósticos utilizado debe ser revisado.⁵⁰

Figura 1. Señal de seguimiento fuera de control.



Fuente: HEIZER y RENDER (2014).

No existe un criterio único para definir los límites de control superiores o inferiores, pero éstos no deben ser tan bajos como para alertar a los supervisores de pronósticos cuando se genere un mínimo error ni tan altos como para que se dejen pasar malos pronósticos de manera regular. A manera general, para que un pronóstico se encuentre bajo control se espera que para ± 2 MAD se encuentren el 89% de los errores, para ± 3 MAD el 98% y para ± 4 MAD el 99% de los errores.

4.4 TIPOS DE SISTEMAS DE CONTROL DE INVENTARIOS

Un sistema de control de inventarios debe responder a las siguientes preguntas: ¿Qué cantidad se debe pedir?, ¿Cuándo se debe pedir? y ¿Cada cuánto se debe revisar el inventario? Para esto se presentan a continuación los cuatro sistemas probabilísticos de control de inventario más comunes:⁵¹

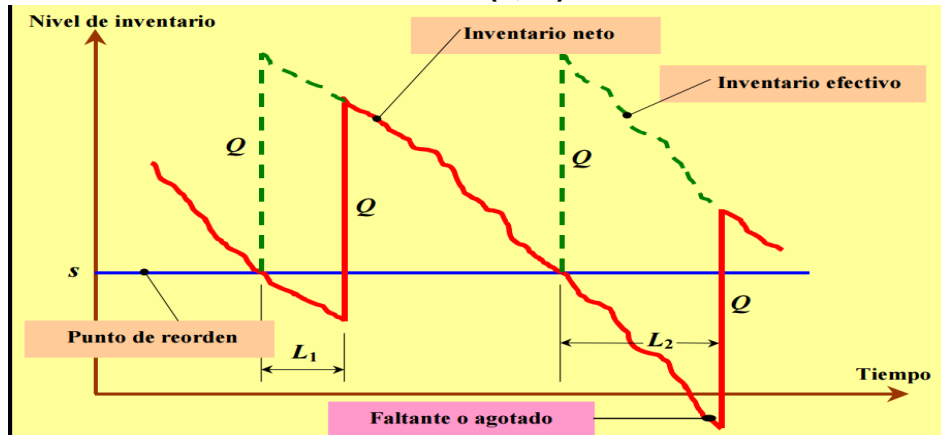
4.4.1 Sistema de revisión continuo (s, Q).

Sistema de revisión continuo en el que cada vez que el inventario efectivo llega al punto de reorden s , se hace un pedido de tamaño fijo Q . En la figura 2 se muestra el comportamiento de un sistema de revisión continuo (s, Q).

⁵⁰ HEIZER, Jay y RENDER, Barry. Principios de Administración de Operaciones. 9 ed. México: PEARSON EDUCACIÓN, 2014. p. 133-135.

⁵¹ VIDAL HOLGUÍN, Fundamentos de control y gestión de inventarios, Op. cit., p. 180 - 182.

Figura 2. Sistema de revisión continuo (s, Q).



Fuente: Vidal Holguín (2009).

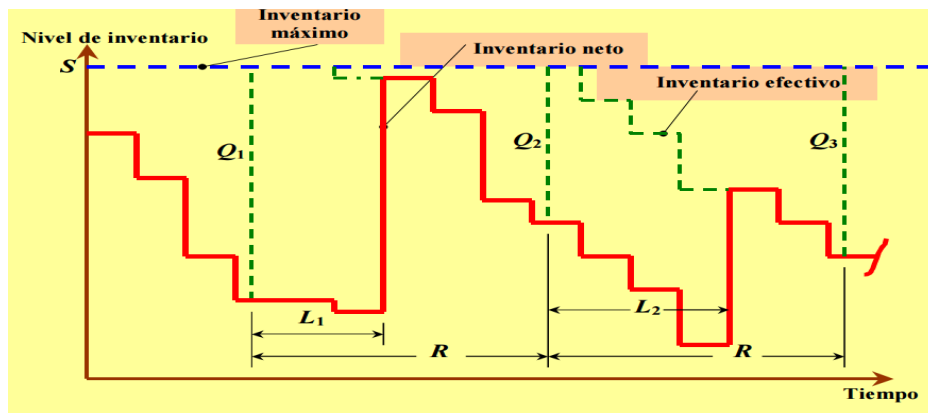
4.4.2 Sistema de revisión continuo (s, S).

Sistema de revisión continuo en el que cada vez que el inventario efectivo llega al punto de reorden S o inferior a él, se hace un pedido de tamaño tal, que el inventario efectivo llegue a un nivel máximo S . En este caso la cantidad a pedir puede variar entre un periodo y otro.

4.4.3 Sistema de revisión periódico (R, S).

En este sistema el inventario se revisa cada R unidades de tiempo y se ordena una cantidad equivalente a la diferencia entre el inventario efectivo y la máxima cantidad S . El intervalo R se determina con anterioridad con base en la cantidad económica de pedido (EOQ). En la figura 3 se muestra el comportamiento de un sistema de revisión periódico (R, S).

Figura 3. Sistema de revisión periódico (R, S).



Fuente: Vidal Holguín (2009).

4.4.4 Sistema (R, s, S).

Este sistema es una mezcla de los sistemas (s, S) y (R, S), en el que cada R unidades de tiempo se revisa la posición del inventario. Si el inventario es menor al punto de re orden s, se hace un pedido por la cantidad necesaria para que el inventario llegue hasta un nivel máximo S, en caso contrario no se realizaría ningún pedido hasta la próxima revisión que se llevaría a cabo en R unidades de tiempo.

4.4.5 Frecuencia de revisión del inventario

Tabla 3. Comparación entre los sistemas de revisión continua y los de revisión periódica.

Revisión Continua	Revisión Periódica
Es difícil en la práctica coordinar diferentes ítems en forma simultánea.	Permite coordinar diferentes ítems en forma simultánea, logrando así economías de escala significativas.
La carga laboral es poco predecible, debido a que no se sabe exactamente el instante en que debe ordenarse.	Se puede predecir la carga laboral con anticipación a la realización de un pedido, debido a que se sabe con anterioridad cuándo ocurrirá.
La revisión es más costosa que en el sistema periódico, especialmente para ítems de alto movimiento	La revisión es menos costosa que en la revisión continua, debido a que ésta es menos frecuente.
Para ítems de bajo movimiento, el costo de revisión es muy bajo, pero el riesgo de información sobre pérdidas y daños es mayor	Para ítems de bajo movimiento, el costo de revisión es muy alto, pero existe menos riesgo de falta de información sobre pérdidas y daños.
Asumiendo un mismo nivel de servicio al cliente, este sistema requiere un menor inventario de seguridad que el sistema de revisión periódica (Protección sobre L).	Asumiendo un mismo nivel de servicio al cliente, este sistema requiere un mayor inventario de seguridad que el sistema de revisión continua (Protección sobre R + L).

Fuente: Vidal Holguin (2009). p.179.

4.5 Control conjunto de ítems

En la práctica el controlar varios ítems de forma simultanea genera más interés a la hora de gestionar el inventario, debido a que estos ítems pueden compartir un modo de transporte, ser producidos en la misma línea de producción o pueden ser suministrados por el mismo proveedor. Las ventajas al aplicar el control conjunto pueden verse reflejadas en un ahorro en precios unitarios de compra. Al realizar pedidos simultáneos de diferentes productos se pueden lograr economías de

escala; al incluir más ítems en una misma orden se reduce el número anual de órdenes y por consecuencia se tendría un ahorro en los costos totales de ordenamiento.⁵²

4.5.1 Sistema periódico de reabastecimiento conjunto (R, S_i)

Para el control periódico conjunto de diversos ítems, Vidal⁵³ presenta un método sencillo que consiste en establecer un tiempo de revisión común (R) y un inventario máximo (S_i) para cada uno de los ítems. La política consiste pedir cada R unidades de tiempo la diferencia entre el inventario máximo y el inventario efectivo de cada ítem.

Notación

A = Costo mayor que correspondiente al costo fijo de ordenamiento común para todos los ítems.

a_i = costos fijos de incluir cada ítem i en una orden.

D_i = Demanda, [Unidades/año]

v_i = Valor unitario del ítem i , [\$/Unidad]

r = Tasa del costo de mantenimiento del inventario, [%/año]

d_i = Demanda del ítem con unidades de tiempo correspondientes al intervalo de revisión más el tiempo de reposición

R = Intervalo de revisión común

L_i = Tiempo de reposición del ítem i

S_i = Nivel máximo de inventario del ítem i

⁵² VIDAL HOLGUÍN. Fundamentos de control y gestión de inventarios Op. cit., p. 225.

⁵³ Ibid., p. 235 - 236.

k_i = Factor de seguridad del ítem i

$\hat{\sigma}_{1i}$ = Desviación estándar de los errores del pronóstico

$\hat{\sigma}_{R+L_i}$ = Desviación estándar de los errores del pronóstico con respecto al intervalo de revisión más el tiempo de reposición

$B_{2i}v_i$ = Costo de faltante discriminado por ítem

$G_z(k_i)$ = Función especial de la distribución normal unitaria N (0, 1).

Procedimiento

Primero se determina el intervalo de revisión común, R, de acuerdo con la siguiente ecuación:

Ecuación 27. Intervalo de revisión común, R.

$$R = \sqrt{\frac{2[A + \sum_{i=1}^n a_i]}{r \sum_{i=1}^n D_i v_i}}$$

Posteriormente se determina el inventario máximo de cada ítem, de acuerdo al nivel de servicio deseado mediante la ecuación:

Ecuación 28. Inventario máximo de cada ítem i, S_i.

$$S_i = d_i(R + L_i) + k_i \hat{\sigma}_{R+L_i}$$

Por último se calcula el costo total relevante utilizando la siguiente ecuación:

Ecuación 29. Costo total relevante política (R, S_i).

$$CTR_2 = \frac{A + \sum_{i=1}^n a_i}{R} + v_i r \left[\frac{R \sum_{i=1}^n D_i}{2} + \sum_{i=1}^n k_i \hat{\sigma}_{R+L_i} \right] + \frac{1}{R} \sum_{i=1}^n B_{2i} v_i \hat{\sigma}_{R+L_i} G_z(k_i)$$

4.5.2 Sistema *min-max* de reabastecimiento conjunto (s_i , S_i)

Vidal⁵⁴ presenta un método sencillo para el control conjunto de diversos ítems con un sistema de revisión continua, que consiste en establecer un punto de reorden (s_i) y un inventario máximo (S_i) para cada artículo, en la que cada vez que el nivel inventario de alguno de los ítems alcanza el punto de reorden, se pide la diferencia entre el inventario máximo y el inventario efectivo para cada artículo.

Notación

En este caso la notación es la misma que la utilizada en la política (R , S_i), salvo las siguientes diferencias:

d_i = Demanda del ítem con unidades de tiempo correspondientes al tiempo de reposición

Q_i = Tamaño de pedido del ítem i

s_i = Punto de reorden del ítem i

$\hat{\sigma}_{L_i}$ = Desviación estándar de los errores del pronóstico con respecto al tiempo de reposición

Procedimiento

Inicialmente se calcula el tamaño de pedido (Q_i) para cada ítem basado en la EOQ_i , utilizando la siguiente ecuación:

Ecuación 30. Tamaño de lote, Q_i .

$$Q_i = \sqrt{\frac{2AD_i}{v_i r}}$$

⁵⁴ VIDAL HOLGUÍN. Fundamentos de control y gestión de inventarios Op. cit., p. 238-239.

A continuación se determina el punto de reorden (s_i) para cada ítem con la ecuación siguiente:

Ecuación 31. Punto de reorden, s_i .

$$s_i = (d_i * L_i) + (k_i * \hat{\sigma}_{L_i})$$

Posteriormente se define el inventario máximo (S_i) para cada ítem con la siguiente ecuación:

Ecuación 32. Inventario máximo, S_i .

$$S_i = s_i + Q_i$$

Finalmente se calcula el costo total relevante de la política utilizando la siguiente ecuación:

Ecuación 33. Costo total relevante política (s_i , S_i).

$$CTR_2 = \left(A + \sum_{i=1}^n a_i \right) * Max \left\{ \frac{D_i}{Q_i} \right\} + v_i r \left[\frac{Q_i}{2} + \sum_{i=1}^n k_i \hat{\sigma}_{L_i} \right] + \sum_{i=1}^N \left(\frac{D_i}{Q_i} \right) B_{2i} v_i \hat{\sigma}_{L_i} G_z(k_i)$$

4.5.3 Heurístico de Eynan y Kropp

Este heurístico presenta un método de solución al problema de reabastecimiento multiproducto bajo una demanda probabilística, asumiendo una distribución normal, lo que permite formular una función de costo. Este método consiste en determinar un tiempo de revisión básico (T), un número entero k_i y un inventario máximo (S_i), donde cada $k_i * T$ unidades de tiempo se ordena una cantidad del ítem i , tal que el nivel de inventario llegue a un nivel máximo S_i .⁵⁵

Notación

a_i = Costo menor asociado a incluir un ítem i en una reposición.

⁵⁵ EYNAN, A. y KROPP, D. H. Op. cit., p. 1025 – 1033.

h_i = costo de mantener del producto i (hace referencia a $r * v_i$ de las políticas (s_i, S_i) y (R, S_i)).

D_i = demanda promedio durante una unidad de tiempo.

σ_i = desviación estándar de los errores del pronóstico de la demanda (hace referencia a $\hat{\sigma}_{1i}$ de las políticas (s_i, S_i) y (R, S_i)).

z_i = nivel de confianza de la distribución Normal del producto i (hace referencia a k_i de las políticas (s_i, S_i) y (R, S_i)).

L_i = tiempo de espera para reaprovisionamiento del producto i .

k_i = frecuencia de pedido del producto i . Numero entero positivo.

A = costo de ordenar independiente del número de productos.

T = Intervalo de tiempo entre dos órdenes de compra.

T_i^* = Tiempo de revisión para cada ítem i .

La función de costo para n productos de la familia se puede expresar como:

Ecuación 34. Costo total heurístico Eynan y Kropp.

$$TC = \frac{A}{T} + \frac{\sum_{i=1}^n (a_i/k_i)}{T} + \sum_{i=1}^n \left[\frac{D_i k_i T h_i}{2} + z_i \sigma_i h_i \sqrt{k_i T + L_i} \right]$$

El costo total se compone de cuatro términos, el primero hace referencia al costo total de ordenar, el segundo término representa el costo total de agregar un ítem a la orden, el tercer término representa el costo de mantener el inventario y el cuarto término representa el costo de mantenimiento del inventario de seguridad.

Procedimiento

A continuación se describe el heurístico de Eynan y Kropp.

Paso 1. Calcular

Ecuación 35. Tiempo de revisión básico del caso determinístico.

$$T_i^* = \sqrt{\frac{2a_i}{h_i \left(D_i + \left(\frac{z_i \sigma_i}{\sqrt{T_{0i} + L_i}} \right) \right)}}$$

Donde,

$$T_{0i} = \sqrt{\frac{2a_i}{h_i D_i}}$$

Paso 2. Identifique el producto con menor T_i^* , este producto se denota como producto 1 y se asigna $k_i = 1$.

Paso 3. Calcular:

Ecuación 36. Tiempo de revisión básico para $k_1=1$.

$$T = \sqrt{\frac{2(A + a_1)}{h_1 \left(D_1 + \left(\frac{z_1 \sigma_1}{\sqrt{T_0 + L_1}} \right) \right)}}$$

Donde,

$$T_0 = \sqrt{\frac{2(A + a_1)}{h_1 D_1}}$$

Paso 4. Hacer $k_i = q$ (entero) tal que:

Ecuación 37. Número entero k_i .

$$\sqrt{q(q-1)} \leq \frac{T_i^*}{T} \leq \sqrt{q(q+1)}$$

Paso 5. Calcular:

Ecuación 38. Tiempo de revisión básico inicial.

$$T = \sqrt{\frac{2 \left(A + \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{k_i} \right)}{\sum_{i=1}^n h_i k_i \left(D_i + \frac{z_i \sigma_i}{\sqrt{k_i T_0 + L_i}} \right)}}$$

Donde

$$T = \sqrt{\frac{2 \left(A + \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{k_i} \right)}{\sum_{i=1}^n h_i k_i D_i}}$$

Paso 6. Repetir los pasos 4 y 5 hasta que el costo total no cambie de valor entre dos iteraciones sucesivas.

4.5.4 Nivel de servicio común

Cuando se está realizando el control conjunto de varios ítems y cada artículo tiene un nivel de servicio diferente, resulta útil balancear el nivel de inventario y definir un nivel de servicio común, mediante el cálculo un factor de seguridad k_i común para todos los ítems a través de la siguiente ecuación:⁵⁶

⁵⁶ VIDAL HOLGUÍN, Fundamentos de control y gestión de inventarios, Op. cit., p. 232.

Ecuación 39. Factor de seguridad k_i común.

$$\text{Valor común de } k = \frac{\sum_{i=1}^n k_i \sigma_{1i} v_i}{\sum_{i=1}^n \sigma_{1i} v_i}$$

Donde la notación es la misma utilizada en las secciones anteriores.

5 DESCRIPCIÓN DEL ESTADO ACTUAL

5.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

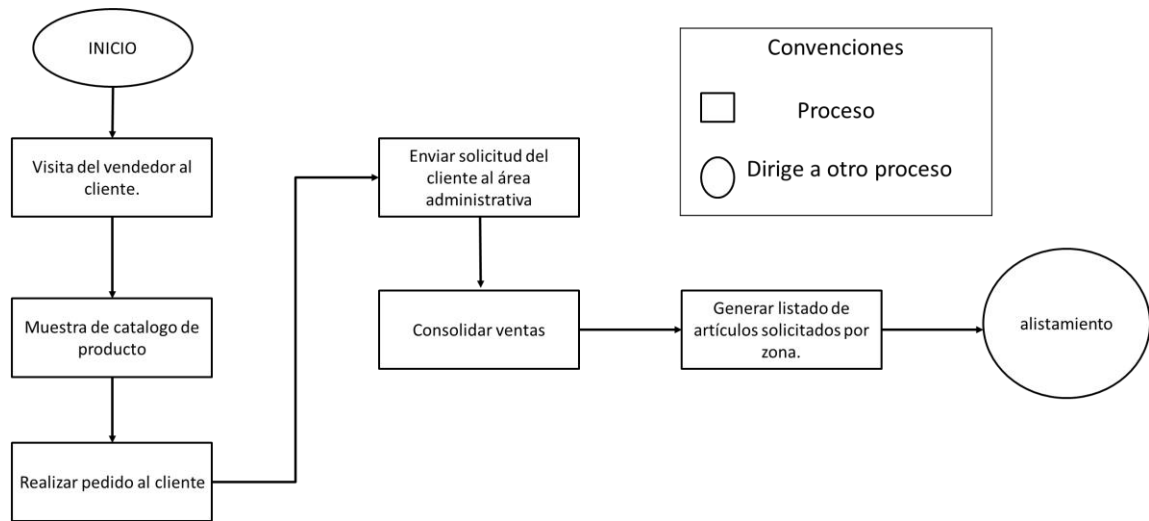
La empresa Tiendas del Norte S.A.S. se dedica a la comercialización de productos Nestlé a tiendas minoristas del Norte de la ciudad de Cali y de Buenaventura, fue constituida hace más de 10 años y desde entonces no cuenta con un sistema de inventarios que le permita un manejo eficiente de los recursos. La demanda de los clientes y los niveles de inventario no se encuentran integrados mediante un análisis riguroso, debido a esto en algunas ocasiones los vendedores han expresado que los clientes les manifiestan su inconformidad debido a la falta de productos para suplir completamente la demanda. Esta empresa no maneja un software para el control de su inventario, la metodología para gestionarlos se encuentra basada en la experiencia obtenida por el propietario durante años de trabajo en el área y consiste en la revisión diaria del inventario con lista en mano, para determinar “a ojo” las unidades a pedir de cada producto y el número mínimo que puede permitirse tener según la rotación que está teniendo el producto en esos días.

5.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL

5.2.1 Pedidos clientes

La empresa Tiendas del Norte S.A.S. agrupa a sus clientes por zonas según su ubicación geográfica y asigna un vendedor a cada zona, este se encarga de visitar a cada cliente de dicha zona una vez por semana, en esta visita se le muestra al minorista un catálogo de productos y se elabora el pedido del cliente, el vendedor envía la solicitud del cliente por medio electrónico al área administrativa de la empresa, donde se genera la factura. Al final del día se consolidan las ventas y se genera un listado de todos los artículos solicitados por zona, este listado es utilizado por el jefe de bodega y el auxiliar de bodega para alistar los pedidos de cada zona. En la figura 4 se ilustra el proceso de realización de pedidos.

Figura 4. Diagrama de flujo pedidos clientes.



Fuente: Elaborado por los autores

5.2.2 Proceso de alíamiento

El proceso de alíamiento de la empresa consiste en la extracción conjunta de todos los pedidos agrupados donde posteriormente se da una separación de las cantidades de cada referencia que se van a despachar en cada pedido. Una vez que se validan los pedidos, se asigna cada vehículo a una zona y se carga con los productos correspondientes. Un Auxiliar, se encarga de separar y entregar los artículos solicitados por cada cliente.

5.2.3 Distribución de los pedidos

Una vez los pedidos han sido alíados por el área de bodega, se verifica que dichos pedidos hayan sido alíados de manera correcta mediante una inspección visual realizada por el Jefe de bodega, el Auxiliar de bodega y el personal encargado de la distribución, después de validar los pedidos, se cargan los vehículos asignados a cada zona con la mercancía correspondiente. Cada vehículo cuenta con un conductor y un Auxiliar, este el encargado de separar y entregar los artículos solicitados por cada cliente.

5.2.4 Abastecimiento de mercancías

El proceso de abastecimiento de la empresa inicia con la revisión del inventario por parte del propietario quien se basa en su experiencia para determinar las cantidades a solicitar de cada artículo, dicha revisión la realiza de manera visual. El proceso

relacionado con el manejo del inventario junto con los indicadores más relevantes se ilustra en la figura 6.

5.2.5 Almacenamiento

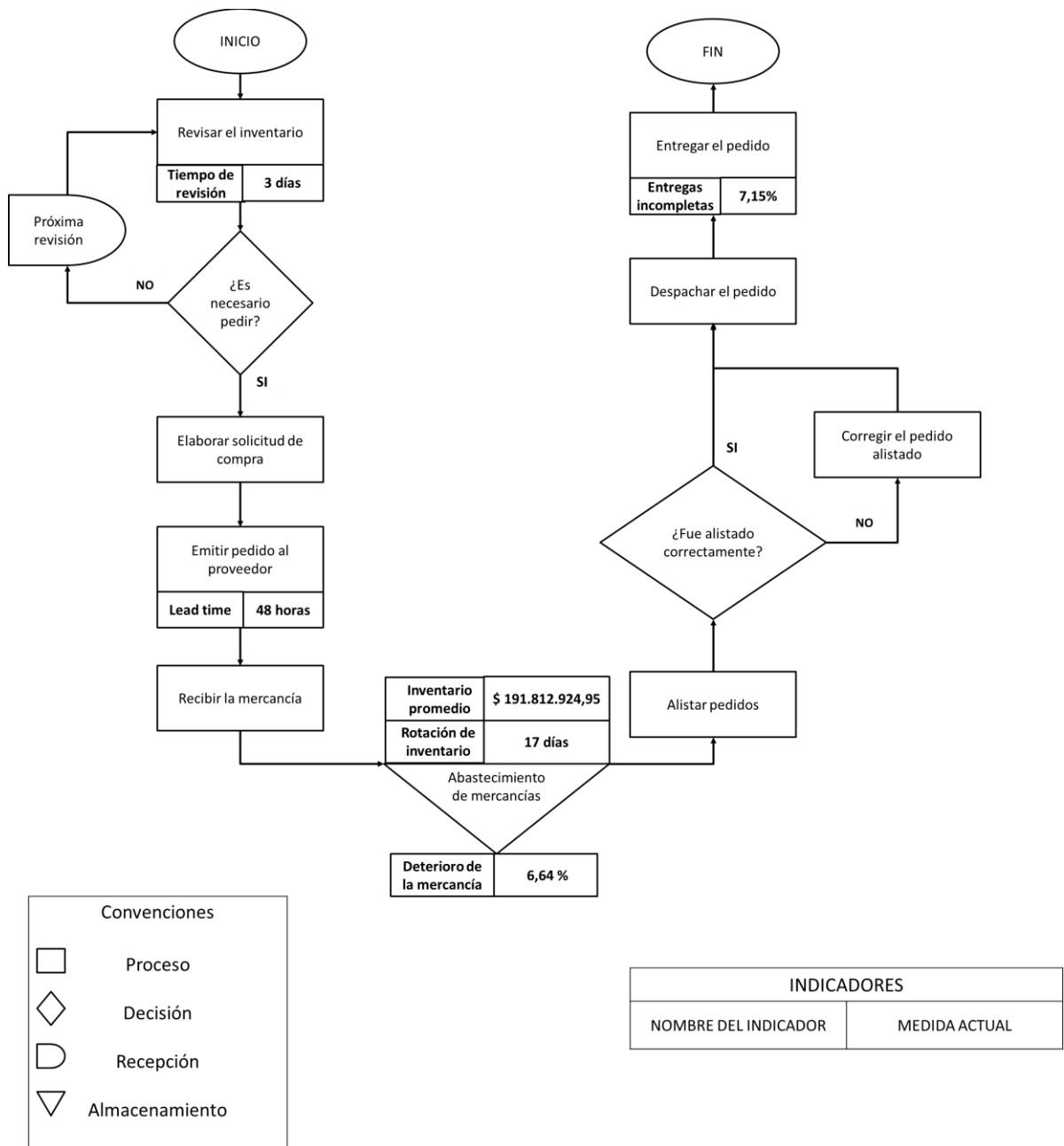
Es de vital importancia identificar que el almacén es la estructura soporte de una empresa comercial debido a que es donde se provee la mercancía. La empresa Tiendas del Norte S. A. S maneja inventarios de producto terminado, cuenta con un área de almacenamiento encargada de la recepción, el almacenamiento y la entrega de pedidos. Esta área cuenta con un jefe de bodega y un auxiliar de bodega. En cuanto a infraestructura, se dispone de una bodega de almacenamiento de mercancía, está equipada con estibas y estanterías para la organización de los productos. Tiene además, un cuarto adaptado con aislante térmico para productos que deben tener un cuidado especial con respecto a la temperatura. En la figura 5 se muestra la disposición del almacén para el almacenamiento del producto.

Figura 5. Almacenamiento del producto.



Fuente: Elaborado por los autores.

Figura 6. Diagrama de flujo del inventario en la empresa Tiendas del Norte S.A.S



Fuente: elaborado por los autores.

6 DISEÑO DE LA POLÍTICA DE INVENTARIO

6.1 CLASIFICACIÓN ABC

Con el fin de identificar los artículos de mayor importancia se procede a realizar la clasificación ABC utilizando 3 métodos diferentes: clasificación ABC tradicional, AHP multicriterio y clasificación ABC de Wang Lung.

6.1.1 Clasificación ABC tradicional

Este análisis se realiza con el fin de conocer que productos representan el mayor volumen de ventas para la empresa. Según lo establecido en el numeral 4.1.1 se utilizan los siguientes valores para la clasificación de los ítems:

Ítems clase A = 20% del total de ítems, con alrededor del 80% del total de ventas
Ítems clase B = 30% del total de ítems, con alrededor del 15% del total de ventas
Ítems clase C = 50% del total de ítems, con alrededor del 5% del total de venta.⁵⁷

6.1.2 Clasificación ABC Multicriterio

Teniendo en cuenta los criterios para la clasificación ABC multicriterio definidos en la tabla 2 del numeral 4.1.2, se seleccionaron los siguientes, considerando la opinión del Gerente de la empresa: ventas, costo unitario, rotación y volumen. Una vez definidos los criterios, se procede a normalizar los datos usando la ecuación 1. Se le asigna a cada criterio un peso del 25% para calcular la puntuación total, que corresponde a la suma ponderada de los criterios de cada ítem. Por último, los datos se organizan en orden descendente y se procede a clasificar los productos con los mismos criterios de la clasificación tradicional.

6.1.3 Clasificación ABC de Wan Lung

Para realizar esta clasificación se trabaja con los mismos criterios utilizados en la clasificación ABC multicriterio descrita en el numeral anterior (6.1.2). Los criterios se organizan según su orden de importancia, iniciando por el más relevante, este orden fue sugerido por el dueño de la empresa. Posteriormente se normalizan los datos utilizando la ecuación 1. Para cada producto se calculan promedios parciales utilizando la ecuación 3. Es decir, para 4 criterios existen 4 promedios. Una vez obtenido cada promedio parcial se elige el promedio más alto para cada ítem, este valor corresponde a la puntuación asignada. Esta puntuación se organiza de mayor

⁵⁷ KRAJEWSKI, Lee; RITZMAN, Larry y MALHOTRA, Manoj. Op. Cit., p. 469.

a menor y se procede a clasificar los productos utilizando el siguiente criterio de selección:

Ítems clase A = 20% del total de ítems, con alrededor del 80% del total de ventas
 Ítems clase B = 30% del total de ítems, con alrededor del 15% del total de ventas
 Ítems clase C = 50% del total de ítems, con alrededor del 5% del total de ventas.

6.1.4 Comparación de los 3 métodos

Al comparar los 3 métodos de clasificación ABC, se toma la decisión de elegir los ítems que fueron clasificados como clase A en cada uno de los métodos, como los artículos a los que se debe realizar un control más riguroso en la política de inventarios.

Tabla 4. Ítems clase A.

Ítem	Código	Nombre
Ítem 1	12228086	MILO ACTIGEN-E DOY PACK ZIPPER 9X1.4KGCO
Ítem 2	12050727	NESCAFE TRADICION 7(12X25G) CO
Ítem 3	12173202	KLIM NUTRI-RINDE ALIMENTO LAC 60X104G CO
Ítem 4	12185973	CALDO RICO 8X1.815KG CO
Ítem 5	12044063	EL RODEO CON HIERRO 12X900G CO
Ítem 6	12214173	SALTINAS ORIGINAL 60X125G CO
Ítem 7	12151524	KLIM INSTANTÁNEA 45(13X26G) CO
Ítem 8	12223499	LA LECHERA LCA RISTRA 12(24X30G) CO
Ítem 9	12220035	MILO ACTIGEN-E RISTRA 36(14X25G) CO
Ítem 10	12048664	KLIM 1 + 30X500G CO
Ítem 11	12233757	NESCAFE TRADICIÓN 25(12X12G) PR 20%

Fuente. Elaborado por los autores

En la tabla 4 se muestran los ítems clasificados como clase A junto con la identificación que será usada en todo el desarrollo del presente trabajo de grado. Estos artículos representan alrededor del 50% del volumen de la organización, por esta razón la política de inventarios a proponer se aplicará sobre estos ítems considerando que son los de mayor importancia para la empresa.

6.2 PATRÓN Y TENDENCIA DE LA DEMANDA

Se identifica el patrón de demanda hallando el coeficiente de variación mediante la ecuación 11 para un periodo comprendido por 25 datos de demanda mensual. En la tabla 5 se observa que todos los productos clasificados como A, presentan una baja variabilidad.

Tabla 5. Coeficiente de variación de la demanda ítems clase A.

Ítem	Demanda promedio [Unid]	Desviación estándar [Unid]	Coeficiente de variación
Ítem 1	229	23	9,95%
Ítem 2	174	47	26,97%
Ítem 3	17264	5414	31,36%
Ítem 4	496	87	17,55%
Ítem 5	338	54	16,04%
Ítem 6	12003	3199	26,65%
Ítem 7	4957	1199	24,20%
Ítem 8	1246	358	28,74%
Ítem 9	2603	527	20,23%
Ítem 10	249	61	24,63%
Ítem 11	1019	260	25,48%

Fuente. Elaborado por los autores

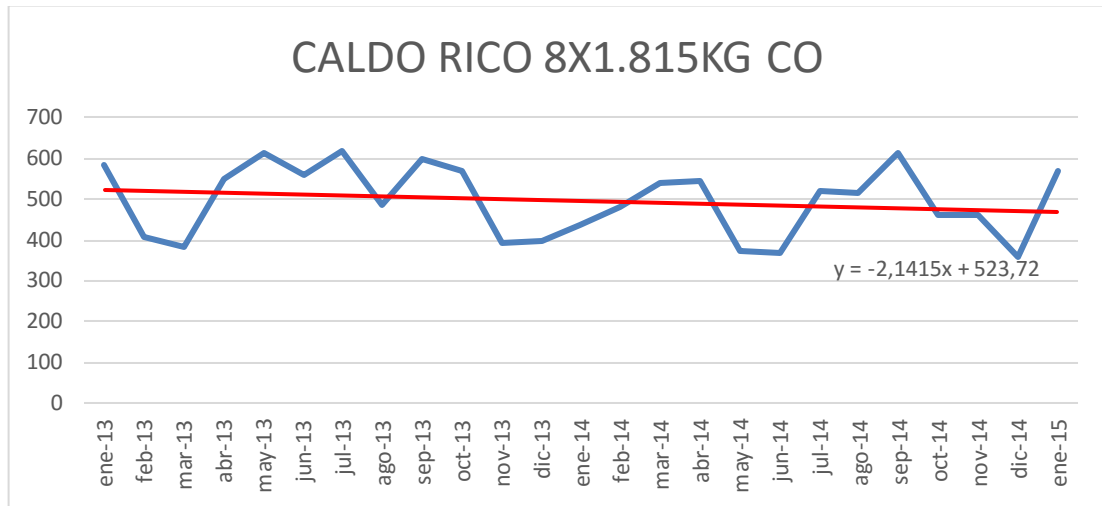
Al realizar un ajuste lineal utilizando una hoja de cálculo de Excel se identifica el patrón de tendencia para cada uno de los ítems clase A, cuyos resultados se ilustran en la tabla 6. A manera de ejemplo, se muestra en la figura 7 que el producto *CALDO RICO 8X1.815KG CO* tiene una pendiente negativa igual a -2,1415, por lo tanto la demanda se considera como un patrón de tendencia decreciente a través del tiempo.

Tabla 6. Tendencias artículos clase A.

Ítem	Pendiente	Tendencia
MILO ACTIGEN-E DOY PACK ZIPPER 9X1.4KGCO	-0,3677	Decreciente
NESCAFE TRADICIÓN 7(12X25G) CO	0,5577	Creciente
KLIM NUTRI-RINDE ALIMENTO LAC 60X104G CO	353,87	Creciente
CALDO RICO 8X1.815KG CO	-2,1415	Decreciente
EL RODEO CON HIERRO 12X900G CO	-1,3031	Decreciente
SALTINAS ORIGINAL 60X125G CO	-155,19	Decreciente
KLIM INSTANTÁNEA 45(13X26G) CO	45,95	Creciente
LA LECHERA LCA RISTRA 12(24X30G) CO	27,828	Creciente
MILO ACTIGEN-E RISTRA 36(14X25G) CO	28,863	Creciente
KLIM 3+ 30X500G CO	2,29	Creciente
NESCAFE TRADICIÓN 25(12X12G) PR 20%	8,4	Creciente

Fuente. Elaborado por los autores.

Figura 7. Patrón de tendencia CALDO RICO 8X1.815KG CO



Fuente. Elaborado por los autores.

6.2.1 Distribución de probabilidad de la demanda

Considerando que las políticas de control de inventarios que serán utilizadas en el presente documento asumen que la demanda sigue una distribución de probabilidad normal, se realiza la validación de este supuesto a través de la herramienta Stat::Fit de ProModel que permite analizar y determinar la distribución de probabilidad de una serie de datos junto con los parámetros apropiados para cada tipo de distribución⁵⁸. A manera de ejemplo en la figura 8 se muestran las distribuciones determinadas por la herramienta Stat::Fit para los datos de la demanda mensual del artículo *CALDO RICO 8X1.815KG CO*, lo que indica que no se puede rechazar la hipótesis de que la demanda siga cualquiera de las tres distribuciones de probabilidad mostradas: Uniforme, Normal y Lognormal. Por el contrario en la figura 9 se puede observar que para la demanda del artículo *MILO ACTIGEN-E RISTRA 36(14X25G) CO* no se puede aceptar la hipótesis de que ésta presenta alguna de las distribuciones de probabilidad mostradas: Normal, Lognormal y Uniforme.

⁵⁸ GARCÍA DUNNA, Eduardo; GARCÍA REYES, Heriberto y CÁRDENAS BARRÓN, Leopoldo. Simulación y análisis de sistemas con ProModel. 2 ed. México: PEARSON, 2013. p. 74 – 78.

Figura 8. Distribuciones de probabilidad de la demanda del ítem CALDO RICO 8X1.815 KG CO

distribution	rank	acceptance
Uniform(359, 620)	100	do not reject
Normal(496, 85.3)	65.2	do not reject
Lognormal[-2.71e+003, 8.07, 2.66e-002]	61.3	do not reject

Fuente. Elaborado por los autores.

Figura 9. Distribuciones de probabilidad de la demanda del ítem MILO ACTIGEN-E RISTRA 36(14X25G) CO

distribution	rank	acceptance
Normal[2.6e+003, 516]	100	reject
Lognormal[-6.62e+003, 9.13, 5.78e-002]	60.1	reject
Uniform[1.32e+003, 3.25e+003]	3.14e-003	reject

Fuente. Elaborado por los autores.

En la tabla 7 se presentan las distribuciones de probabilidad analizadas por la herramienta Stat::Fit para cada uno de los ítems clase A con sus respectivos parámetros, al igual que la aceptación o rechazo la hipótesis de que los datos sigan alguna de estas distribuciones. En esta tabla se puede observar que de los 11 artículos que se seleccionaron para el presente estudio, sólo uno (*MILO ACTIGEN-E RISTRA 36(14X25G) CO*) no cumple con las características de normalidad en la demanda, pero para efectos prácticos, en el presente trabajo se asumirá que su demanda mensual sigue una distribución de probabilidad normal.

Tabla 7. Distribuciones de probabilidad de los ítems clase A

ítem	Distribuciones de probabilidad	¿Se rechaza la hipótesis?
MILO ACTIGEN-E DOY PACK ZIPPER 9X1.4KGCO	Lognormal(-1.01e+003, 7.12, 1.8e-002)	No
	Normal(229, 22.3)	No
	Uniforme(186, 267)	No
NESCAFE TRADICIÓN 7(12X25G) CO	Lognormal(-1.11e+003, 7.16, 3.58e-002)	No
	Normal(174, 46.1)	No
	Uniforme(89, 260)	No
	Exponencial(89, 85.4)	Si
KLIM NUTRI-RINDE ALIMENTO LAC 60X104G CO	Lognormal(4.43e+003, 9.37, 0.439)	No
	Normal(1.73e+004, 5.31e+003)	No
	Exponencial(9.44e+003, 7.83e+003)	No
	Uniforme(9.44e+003, 2.77e+004)	No
CALDO RICO 8X1.815KG CO	Uniforme(359, 620)	No
	Normal(496, 85.3)	No
	Lognormal(-2.71e003, 8.07, 2.66e-002)	No
EL RODEO CON HIERRO 12X900G CO	Lognormal(235, 4.5, 0.523)	No
	Normal(338, 53.1)	No
	Exponencial(265, 72,9)	No
	Uniforme(265, 480)	Si
SALTINAS ORIGINAL 60X125G CO	Normal(1.2e+004, 3.13e+003)	No
	Lognormal(2.23e+003, 9.13, 0.331)	No
	Uniforme(7.15e+003, 1.85e+004)	No
	Exponencial(7.15e+003, 4.86e+003)	Si
KLIM INSTANTÁNEA 45(13X26G) CO	Normal(4.96e+003, 1.18e+003)	No
	Lognormal(-5.2e+003, 9.22, 0.121)	No
	Uniforme(2.67e+003, 6.54e+003)	No
LA LECHERA LCA RISTRA 12(24X30G) CO	Normal(1.25e+003, 351)	No
	Lognormal(-4.31e+003, 8.62, 6.39e-002)	No
	Uniforme(612, 1.79e+003)	No
MILO ACTIGEN-E RISTRA 36(14X25G) CO	Normal(2.6e+003, 516)	Si
	Lognormal(-6.62e+003, 9.13, 5.78e-002)	Si
	Uniforme(1.32e+003, 3.25e+003)	Si
KLIM 3+ 30X500G CO	Lognormal(60,9, 5.18, 0.332)	No
	Uniforme(162, 347)	No
	Normal(249, 60.1)	No
	Exponencia(162, 87)	No
NESCAFE TRADICIÓN 25(12X12G) PR 20%	Normal(1.02e+003, 254)	No
	Lognormal(-4.53e+003, 8.62, 4.64e-002)	No
	Uniforme(440, 1.36e+003)	No

Fuente. Elaborado por los autores.

6.3 PRONÓSTICO

Encontrar el pronóstico adecuado para cada ítem y modelarlo de la manera adecuada es importante para posteriormente establecer un nivel de inventario de seguridad, de manera que se logre responder a las necesidades de los clientes. El análisis de la demanda que incluye criterios como variabilidad, tendencia y patrón de demanda fue esencial para elegir el pronóstico apropiado para cada ítem. Al analizar los indicadores de precisión se elige el modelo de pronósticos con el menor ECM (se seleccionó el ECM como criterio de comparación debido a que no asume ninguna distribución de probabilidad para los errores del pronóstico y además los errores grandes reciben una mayor ponderación⁵⁹). En la tabla 8 se muestra el modelo de pronóstico seleccionado para cada producto.

Tabla 8. Consolidado pronósticos individuales.

Código	Descripción	Modelo de pronóstico seleccionado	Pronóstico de demanda	ECM	σ_1
12228086	MILO ACTIGEN-E DOY PACK ZIPPER 9X1.4KGCO	Promedio Móvil	223	487,2	22
12050727	NESCAFE TRADICIÓN 7(12X25G) CO	Suavización Doble	222	756,95	54
12173202	KLIM NUTRI-RINDE ALIMENTO LAC 60X104G CO	Suavización Doble	20.802	23697443,1	4.868
12185973	CALDO RICO 8X1.815KG CO	Promedio Móvil	497	7234,29	85
12044063	EL RODEO CON HIERRO 12X900G CO	Suavización Simple	340	3861,44	62
12214173	SALTINAS ORIGINAL 60X125G CO	Promedio Móvil	10.862	9482327,7	3.079
12151524	KLIM INSTANTÁNEA 45(13X26G) CO	Suavización Simple	4.818	383361,05	619
12223499	LA LECHERA LCA RISTRA 12(24X30G) CO	Suavización Doble	1.559	74060,46	272
12220035	MILO ACTIGEN-E RISTRA 36(14X25G) CO	Promedio Móvil	2.809	85897,08	293
12048664	KLIM 1+ 30X500G CO	Promedio Móvil	275	2.540,56	50,40
12233757	NESCAFE TRADICIÓN 25(12X12G) PR 20%	Suavización Simple	1.308	32093,82	179

Fuente. Elaborado por los autores.

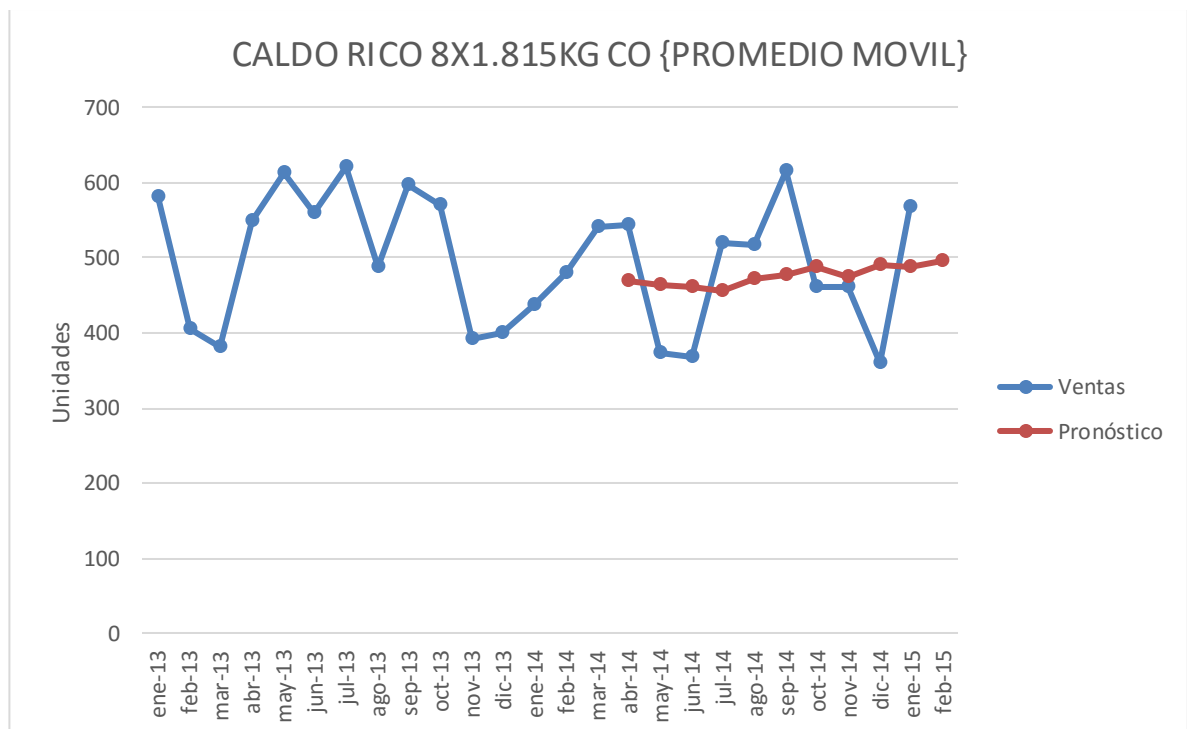
⁵⁹ VIDAL HOLGUÍN. Op. cit., p. 66.

La optimización de parámetros para los métodos de suavización simple y doble se realizaron mediante la herramienta Solver de Microsoft Excel, para estos métodos de se realiza la inicialización de los parámetros con el 60% de los 25 datos de demanda disponibles y el 40% restante para la simulación del pronóstico. Por otro lado, en el método de promedio móvil el parámetro N se varía para encontrar un N óptimo.

6.3.1 Promedio móvil

La elección del método de pronóstico promedio móvil se presentó para artículos que poseen una demanda estable o perpetua y tienen poca o ninguna tendencia. Se halla el N óptimo variándolo entre N=6 y N=15 según lo establecido por Vidal (2010)⁶⁰. A modo de ejemplo, en la figura 10 se muestra los pronósticos obtenidos y la demanda real para el ítem *CALDO RICO 8X1.815KG CO*, adicionalmente en la tabla 9 se resumen los indicadores de precisión obtenidos para cada uno de los métodos de pronóstico aplicados a este mismo artículo. Para este ítem se obtuvo un N óptimo igual a 6 (N = 6).

Figura 10. Pronósticos demanda CALDO RICO 8X1.815KG CO.



Fuente. Elaborado por los autores.

⁶⁰ VIDAL HOLGUÍN, Fundamentos de control y gestión de inventarios, Op. cit., p. 64.

Tabla 9. Indicadores de precisión CALDO RICO 8X1.815KG CO.

Método	MAD	ECM	MAPE	MAPE´	σ_1
Promedio Móvil	76,0	7234,29	16,71%	16,03%	85,05
Suavización Exponencial Simple	74,61	7957,08	17,43%	14,81%	89,20
Suavización Exponencial Doble	74,41	7651,80	16,24%	15,84%	87,47

Fuente. Elaborado por los autores.

En la tabla 10 se presentan los ítems clase A para los que se seleccionó el método de promedio móvil como mejor sistema de pronósticos.

Tabla 10. Resumen ítems donde se seleccionó el promedio móvil.

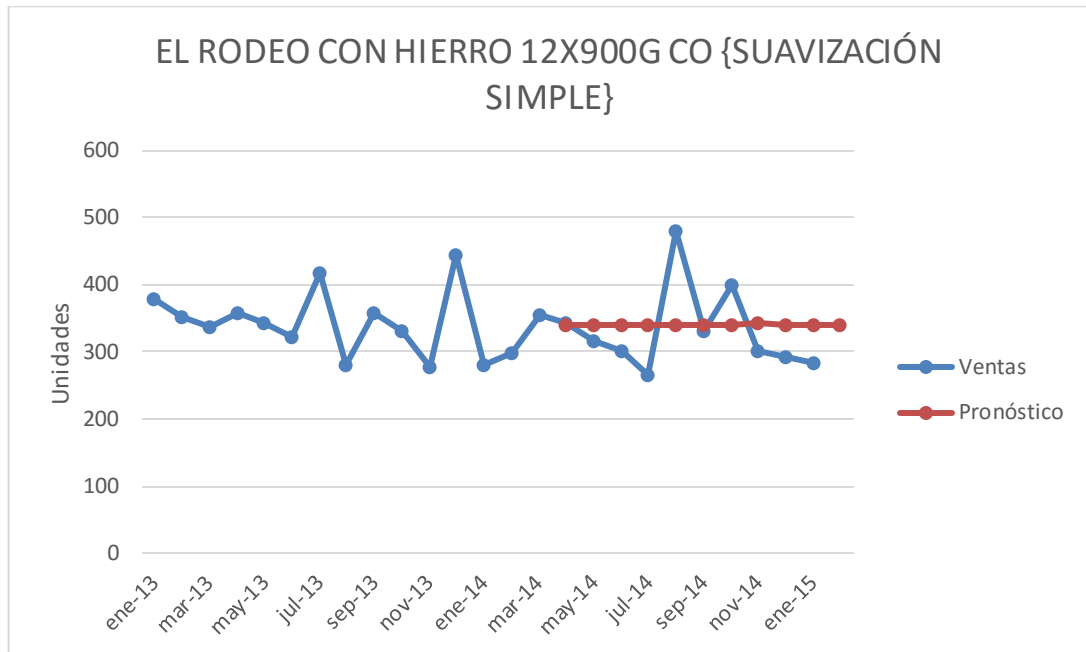
Código	Descripción	Modelo de pronóstico seleccionado
12228086	MILO ACTIGEN-E DOY PACK ZIPPER 9X1.4KGCO	Promedio Móvil
12185973	CALDO RICO 8X1.815KG CO	Promedio Móvil
12214173	SALTINAS ORIGINAL 60X125G CO	Promedio Móvil
12220035	MILO ACTIGEN-E RISTRA 36(14X25G) CO	Promedio Móvil
12048664	KLIM 1+ 30X500G CO	Promedio Móvil

Fuente. Elaborado por los autores.

6.3.2 Suavización exponencial simple

Al igual que en el método de promedio móvil, el método de pronóstico de suavización exponencial simple se presentó para artículos que poseen una demanda estable o perpetua y tienen poca o ninguna tendencia y fue el método que mejor se ajustó a la demanda de 3 de los ítems tratados. A modo de ejemplo en la figura 11 se muestra los pronósticos obtenidos y la demanda real para el ítem *RODEO CON HIERRO 12X900G CO*, adicionalmente en la tabla 11 se resumen los indicadores de precisión obtenidos para cada uno de los métodos de pronóstico aplicados a este mismo artículo. Para este ítem se obtuvo un alfa óptimo igual a 0,01 ($\alpha = 0,01$).

Figura 11. Pronóstico demanda *RODEO CON HIERRO 12X900G CO*



Fuente. Elaborado por los autores.

Tabla 11. Indicadores de precisión *RODEO CON HIERRO 12X900G CO*.

Método	MAD	ECM	MAPE	MAPE´	σ_1
promedio móvil	48,66	3967,19	14,17%	14,55%	62,99
Suavización Exponencial simple	50,13	3861,44	14,85%	14,71%	62,14
Suavización Exponencial doble	41,50	4055,29	11,12%	13,26%	63,68

Fuente. Elaborado por los autores.

En la tabla 12 se presentan los ítems clase A para los que se seleccionó el método de suavización exponencial simple como mejor sistema de pronósticos.

Tabla 12. Resumen ítems donde se seleccionó suavización exponencial simple.

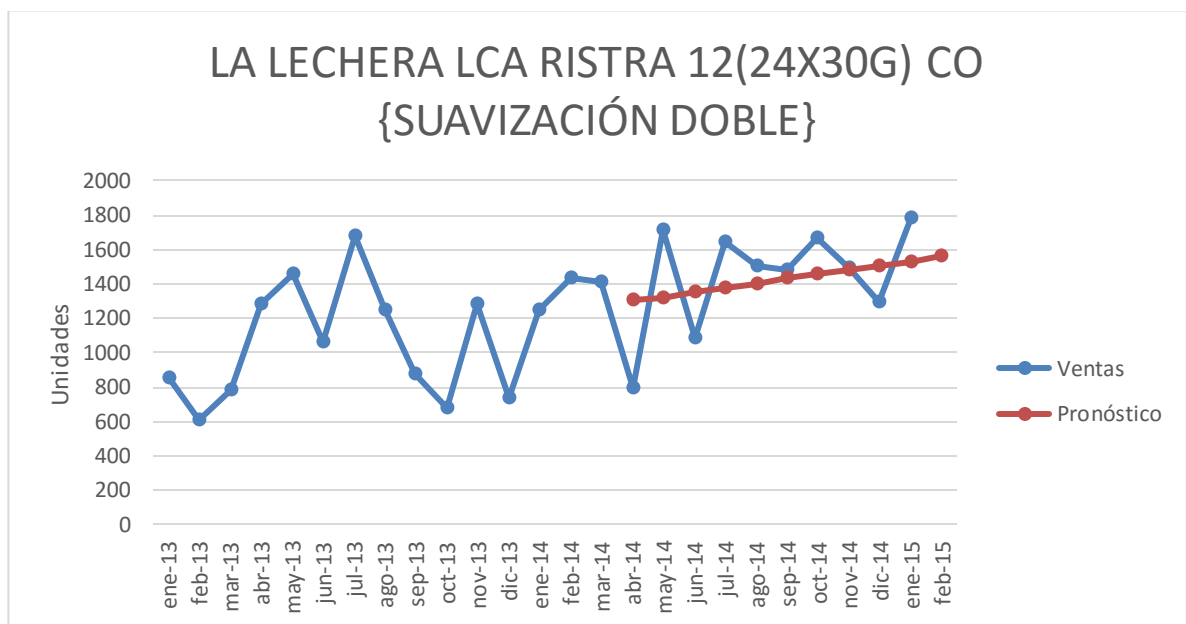
Código	Descripción	Modelo de pronóstico seleccionado
12044063	EL RODEO CON HIERRO 12X900G CO	Suavización Simple
12151524	KLIM INSTANTANEA 45(13X26G) CO	Suavización Simple
12233757	NESCAFE TRADICIÓN 25(12X12G) PR 20%	Suavización Simple

Fuente. Elaborado por los autores.

6.3.3 Suavización exponencial doble

Para otro grupo de ítems, el método de pronósticos que mejor se ajustó a su demanda fue el método de suavización exponencial doble. A modo de ejemplo, en la figura 12 se muestra los pronósticos obtenidos y la demanda real para ítem *LA LECHERA LCA RISTRA 12(24X30G) CO*, adicionalmente en la tabla 13 se resumen los indicadores de precisión obtenidos para cada uno de los métodos de pronóstico aplicados a este mismo artículo. Para este ítem se obtuvo un alfa óptimo igual a 0,01 ($\alpha = 0,01$).

Figura 12. Pronostico demanda LA LECHERA LCA RISTRA 12(24X30G) CO.



Fuente. Elaborado por los autores.

Tabla 13. Indicadores de precisión LA LECHERA LCA RISTRA 12(24X30G) CO.

Método	MAD	ECM	MAPE	MAPE'	σ_1
Promedio móvil	246,4	82681,36	17,84%	19,30%	287,54
Suavización Exponencial Simple	270,45	111898,51	18,98%	22,68%	334,51
Suavización Exponencial Doble	230,47	74060,46	18,45%	16,64%	272,14

Fuente. Elaborado por los autores.

En la tabla 14 se presentan los ítems clase A para los que se seleccionó el método de suavización exponencial doble como mejor sistema de pronósticos.

Tabla 14. Resumen ítems donde se seleccionó suavización exponencial doble.

Código	Descripción	Modelo de pronóstico seleccionado
12050727	NESCAFE TRADICIÓN 7(12X25G) CO	Suavización Doble
12173202	KLIM NUTRI-RINDE ALIMENTO LAC 60X104G CO	Suavización Doble
12223499	LA LECHERA LCA RISTRA 12(24X30G) CO	Suavización Doble

Fuente. Elaborado por los autores.

6.3.4 Señal de Seguimiento

Los pronósticos requieren ser revisados y monitoreados constantemente, por tal motivo, con el propósito de controlar la estabilidad de los sistemas de pronósticos seleccionados se realiza la señal de seguimiento establecida por CHASE y JACOBS. (2014)⁶¹ y se seleccionaron como límites de control ± 4 MAD de manera tal que el 99% de los errores caigan dentro de los límites de control⁶².

En las figuras 13,14 y 15 se muestran las señales de seguimiento para los ítems *CALDO RICO 8X1.815KG CO*, *RODEO CON HIERRO 12X900G CO* y *LA LECHERA LCA RISTRA 12(24X30G) CO*, mostrados en las secciones 6.4.1, 6.4.2 y 6.4.3 respectivamente.

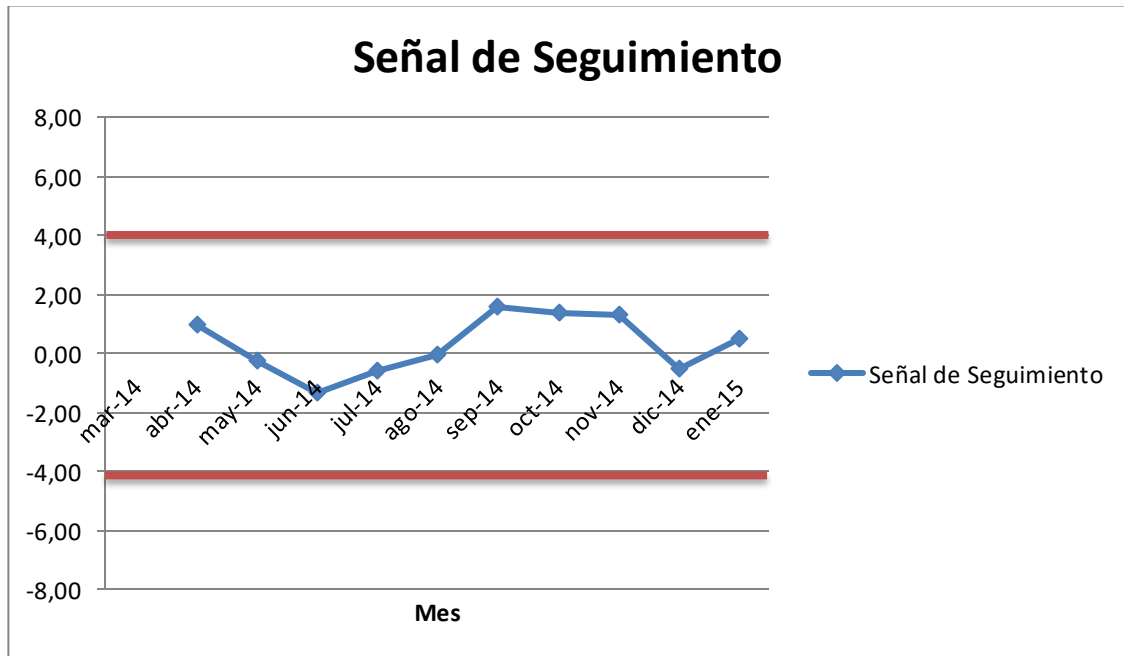
CALDO RICO 8X1.815KG CO

En la figura 13 se muestra la señal de seguimiento para el sistema de pronósticos que mejor se ajustó a la demanda del ítem *CALDO RICO 8X1.815KG CO* (método de promedio móvil), donde se observa que la señal de seguimiento oscila entre ± 2 MAD (entre $\pm 1,6$ desviaciones estándar), lo que indica que el sistema de pronósticos está bajo control y se encuentra en condiciones de generar estimaciones aproximadas a la demanda real.

⁶¹ CHASE y JACOBS. Op. cit., p. 485.

⁶² HEIZER y RENDER. Op. cit., p. 134.

Figura 13. Señal de seguimiento CALDORICO 8X1.815KG CO.

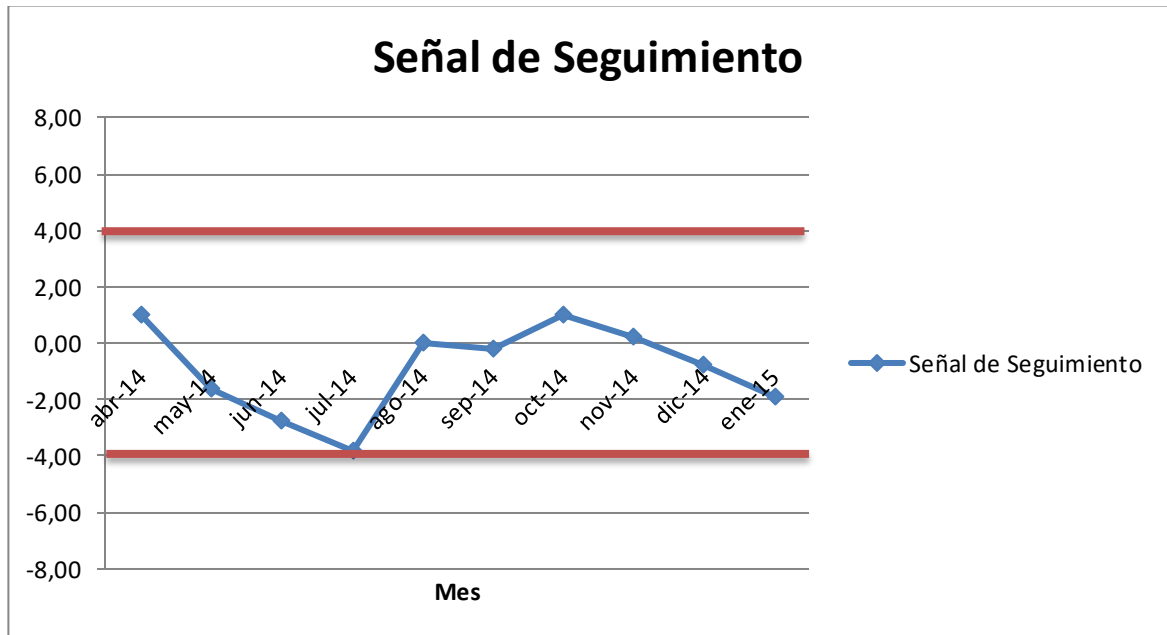


Fuente. Elaborado por los autores.

RODEO CON HIERRO 12X900G CO

En la figura 14 se muestra la señal de seguimiento para el sistema de pronósticos que mejor se ajustó a la demanda del ítem *RODEO CON HIERRO 12X900G CO* (método de suavización exponencial simple), donde se observa que aunque la señal de seguimiento oscila entre -4 MAD y +2 MAD (es decir, entre -3,2 y +1,6 desviaciones estándar), el sistema de pronósticos tiene un sesgo negativo, es decir que el pronóstico está sobreestimando la demanda real. Sin embargo, al considerar que la señal de seguimiento no supera ninguno de los límites (superior e inferior) se concluye que el sistema de pronóstico está bajo control y se encuentra en condiciones de generar estimaciones aproximadas a la demanda real.

Figura 14. Señal de seguimiento *RODEO CON HIERRO 12X900G CO.*

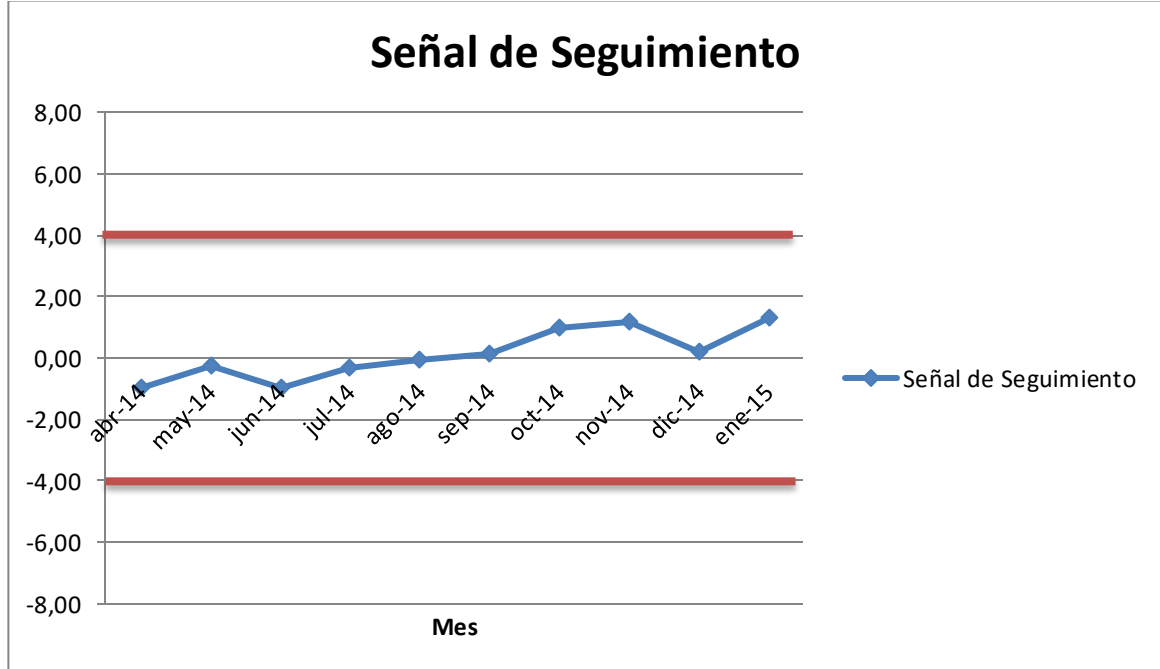


Fuente. Elaborado por los autores.

LECHERA LCA RISTRA 12(24X30G) CO

En la figura 15 se muestra la señal de seguimiento para el sistema de pronósticos que mejor se ajustó a la demanda del ítem *LECHERA LCA RISTRA 12(24X30G) CO* (método de suavización exponencial doble), donde se observa que la señal de seguimiento oscila entre ± 2 MAD (entre $\pm 1,6$ desviaciones estándar), lo que indica que el sistema de pronósticos está bajo control y se encuentra en condiciones de generar estimaciones aproximadas a la demanda real. La racha de 4 puntos con tendencia hacia arriba muestra que la demanda es menor que el pronóstico.

Figura 15. Señal de seguimiento LECHERA LCA RISTRA 12(24X30G) CO.



Fuente. Elaborado por los autores.

6.4 ESTRUCTURA DE COSTOS

Es necesario evaluar los costos implicados en la gestión de inventario, donde se tengan en cuenta los costos fijos y variables involucrados en la ejecución de las actividades necesarias para los procesos de almacenamiento y la preparación de una orden de compra.

En el problema de reposición conjunta de ítems es indispensable determinar el costo de ordenar de cada artículo, se efectúa cada vez que se ordena un ítem y es independiente de la cantidad de unidades que se ordenan A . Por otra parte, se debe de tener en cuenta el costo asociado de incluir un ítem en una reposición a_i .

6.4.1 Costo de ordenar A independiente de la cantidad a ordenar.

Para el cálculo de este costo de ordenar se determina el costo por orden ($\$/Orden$) de los siguientes componentes: teléfono e internet, papelería, revisión de inventario, elaboración de una orden de compra, recepción y revisión de un pedido. La empresa estima que el 10% del costo total anual del servicio de telefonía e internet, y de papelería, está relacionado con la elaboración de un pedido. En la tabla 15 se muestra el costo anual de telefonía, internet y papelería que está relacionado con el

costo de pedir *A*, considerando que durante el año 2015 la empresa realizó 104 órdenes de compra^(*).

Tabla 15. Componente del costo de ordenar: telefonía, internet y papelería.

Componente del costo de ordenar	Costo Total (\$/anual)	Porcentaje (%)	Costo relacionado con órdenes [\$/año]	Costo por Orden (\$/Orden)
Teléfono e internet	1.656.000,00	10%	165.600,00	1.592,30
Papelería	4.104.000,00	10%	410.400,00	3.946,15

Fuente. Elaborado por los autores.

Adicionalmente para la estimación del costo de ordenar (*A*) es necesario conocer cuánto le cuesta a la empresa realizar las siguientes actividades: revisar el inventario, realizar orden de compra, revisar y recibir pedidos. Para ello, inicialmente se calcula el costo de mano de obra [\$/h], que es el costo de una hora de trabajo de cada colaborador, ver tabla 16. Posteriormente se establece el tiempo [h] en el que el personal encargado realiza cada una de las actividades y finalmente se determina el costo de la actividad [\$/orden] (costo de M.O. [\$/h] multiplicado por el tiempo [h] que emplea cada colaborador en realizar una actividad específica), cuyos resultados se muestran en la tabla 17.

Tabla 16. Costo mano de obra.

Cargo	Costo de M.O. [\$/Mes]	Costo de M.O. [\$/h]
Jefe de Bodega	1.739.933,14	7.249,72
Auxiliar de Bodega	1.190.191,94	4.959,13
Auxiliar de Compras	1.190.191,94	4.959,13
Gerente	2.748.706,00	11.452,94

Fuente. Elaborado por los autores.

Tabla 17. Costo de la actividad.

Actividad	Encargado	Tiempo	Tiempo [h]	Costo de la actividad [\$/orden]
Recibir y revisar pedido	Auxiliar y Jefe de Bodega	2:44	2,73	33.370,87
Realizar Orden de Compra	Auxiliar de Compras	0:36	0,60	2.975,48
Revisar inventario	Gerente	0:50	0,83	9.544,12

Fuente. Elaborado por los autores.

(*) Información suministrada por la empresa.

En la tabla 18 se muestran cada uno de los componentes del costo de ordenar [\$/orden], donde se indica que el costo de preparación de una orden es de **\$51.428,93**.

Tabla 18. componentes costo de ordenar.

Componente del costo de ordenar	Costo por Orden (\$/Orden)
Teléfono e internet	1.592,31
Papelería	3.946,15
Revisar inventario	9.544,12
Realizar Orden de Compra	2.975,48
Recibir y revisar pedido	33.370,87
Total	51.428,93

Fuente. Elaborado por los autores.

6.4.2 Costo asociado al incluir un ítem en una reposición a_i .

Cada vez que se hace una orden de compra donde se presentan diferentes productos pertenecientes a una misma familia, se genera un costo o cargo fijo, A independiente del número de productos a ordenar y un costo a_i a cada artículo, correspondiente al costo de incluir un ítem a la orden. En el desarrollo de la política de inventario es indispensable determinar este último coste debido a que los trabajos encontrados para la solución del problema de reabastecimiento conjunto de ítems, requieren para su solución el coste generado cada vez que un elemento de la familia es adicionado a la orden de compra.

Para el cálculo del costo a_i inicialmente se determinó el tiempo promedio necesario para realizar las siguientes actividades: revisión del inventario, realizar orden de compra, recepción y revisión de los pedidos, ya que estas son las actividades que generan el costo a_i . En la tabla 19 se muestra el tiempo promedio que demora realizar la actividad y el costo de la actividad [\$/Orden/ítem].

Tabla 19. Costo de cada actividad [\$/Orden/ítem].

Actividad	Encargado	Tiempo [h]	No. De ítems	Tiempo [h/unidad]	Costo de la actividad [\$/orden]	Costo de la actividad [\$/Orden/ítem]
Recibir y revisar pedido	Auxiliar y Jefe de Bodega	2,73	43	0,064	33.370,87	776,07
Realizar Orden de Compra	Auxiliar de Compras	0,60	52	0,012	2.975,48	57,22
Revisar inventario	Gerente	0,83	119	0,007	9.544,12	80,20
Total						913,49

Fuente. Elaborado por los autores.

La suma del costo de cada actividad [\$/Orden/ítem] que corresponde a un valor de \$ 913,49 se puede tomar como un a_i general, es decir que el costo de incluir un ítem en una orden seria el mismo para todos los productos bajo análisis en caso de que no existan diferencias significativas en las actividades planteadas en la tabla 19 para cada artículo. Sin embargo, teniendo en cuenta que el costo de recepción de un ítem cambia debido a que el tiempo de revisión depende del volumen recibido de cada artículo, se calcula el a_i teniendo en cuenta esta variación. En la tabla 20 se muestra el tiempo de revisión promedio en horas de cada ítem con su respectivo costo, al igual que el costo final a_i .

Tabla 20. Costo de agregar cada ítem a la orden de compra, a_i .

Ítem	Tiempo de revisión [h]	Cajas ordenas [Cajas/Orden]	[Unidades/Caja]	Costo de Recepción [\$/ítem]	Costo Orden de Compra [\$/ítem]	Costo de Revisar Inventario [\$/ítem]	Costo de Agregar un ítem a la Orden [\$/ítem]
MILO ACTIGEN-E DOY PACK ZIPPER 9X1.4KGCO	0,02	10	9	288,26	57,22	80,20	425,69
NESCAFE TRADICIÓN 7(12X25G) CO	0,08	30	7	942,79	57,22	80,20	1.080,22
KLIM NUTRI-RINDE ALIMENTO LAC 60X104G CO	0,28	100	60	3.377,78	57,22	80,20	3.515,21
CALDO RICO 8X1.815KG CO	0,09	30	8	1.061,49	57,22	80,20	1.198,92
EL RODEO CON HIERRO 12X900G CO	0,03	10	12	308,61	57,22	80,20	446,04
SALTINAS ORIGINAL 60X125G CO	0,26	100	60	3.215,00	57,22	80,20	3.352,42
KLIM INTANTANEA 45(13X26G) CO	0,06	25	45	769,84	57,22	80,20	907,26
LA LECHERA LCA RISTRA 12(24X30G) CO	0,05	20	12	583,31	57,22	80,20	720,74
MILO ACTIGEN-E RISTRA 36(14X25G) CO	0,09	30	36	1.092,01	57,22	80,20	1.229,44
KLIM 1+ 30X500G CO	0,02	10	30	295,05	57,22	80,20	432,47
NESCAFE TRADICIÓN 25(12X12G) PR 20%	0,05	20	25	664,70	57,22	80,20	802,13

Fuente. Elaborado por los autores.

6.4.3 Costo de mantener inventario

Calcular y reportar de manera adecuada el costo real de una bodega de almacenamiento es clave para la logística y el inventario. Existen muchos factores que se deben considerar para calcular estos costos. En la tabla 21 se muestran los factores relacionados al funcionamiento de la bodega de la empresa junto con su costo anual (\$/año)(*).

Tabla 21. costo relacionado con el funcionamiento de la bodega.

factores relacionados con el funcionamiento de la bodega	Costo (\$/año)
Impuestos	4.850.450,00
Electricidad y agua	2.965.512,00
Administración	7.692.000,00
Mano de obra	35.161.501,06
Seguridad	840.000,00
Seguros	2.500.000,00
Mantenimiento instalaciones	3.000.000,00
Deterioro	4.013.040,24
Total	61.022.503,30

Fuente. Elaborado por los autores.

En la tabla 22 se muestra los componentes del costo de mantener inventario que se tuvieron en cuenta, debido a que estos costos son los que varían con el nivel de inventario.

Tabla 22. Componentes costo mantener inventario.

Componente del costo de mantenimiento de inventario	Costo (\$/año)	Porcentaje en el Inventario (%)
Costo de oportunidad	--	15,15%
Impuestos	4.850.450,00	2,53%
Seguridad	840.000,00	0,44%
Seguros	2.500.000,00	1,30%
Deterioro	4.013.040,24	2,09%
Total	12.203.490,24	21,512%

Fuente. Elaborado por los autores.

(*) Información suministrada por la empresa.

Los costos que fueron utilizados para cada uno de los componentes de las actividades de mantenimiento se tomaron de una plantilla generada por el área contable, por lo que es actualizada cada mes. En referencia al costo de oportunidad se estima con la ayuda del propietario de la empresa que el porcentaje de retorno del capital que se encuentra invertido en el inventario es alrededor del 10%, debido a que éste es propietario de otros dos negocios, donde maneja una tasa de retorno sobre la inversión del 10%. Al llevar este porcentaje a una tasa antes de impuesto según lo establecido por Vidal⁶³ (2010), utilizando la ecuación 4 el costo de oportunidad sería del 15,5%, considerando una tasa de impuestos del 34% (25% para impuesto de renta y 9% para el impuesto sobre la equidad CREE - impuesto sobre la renta que sustituye las contribuciones parafiscales que hasta el año 2013 realizaban todas la empresas que contratan trabajadores -).

Por lo anterior, se tiene que para un inventario promedio de **\$191.812.924,95** se obtiene con una tasa del costo de mantener el inventario del **21,51%** anual.

6.4.4 Costo de faltantes

El costo de faltante por unidad de faltante se calcula mediante la ecuación 8 descrita en el punto 4.2.1, donde el costo es igual al margen de utilidad que se deja de percibir por la pérdida de la venta más un porcentaje adicional (α) sobre dicho margen, que representa la mala imagen generada en el cliente. Para este caso se asumió un $\alpha = 0,5$ considerando que este es un valor conservador⁶⁴. En la tabla 23 se muestra el precio de venta, el precio de compra y el costo de faltante por unidad de cada uno de los ítems estudiados en el presente documento. A manera de ejemplo el costo de faltantes para el artículo *MILO ACTIGEN-E DOY PACK ZIPPER 9X1.4KGCO* es igual a la diferencia entre el precio de venta y su valor multiplicado por $(1 + 0,5)$.

⁶³ VIDAL HOLGUÍN, Fundamentos de control y gestión de inventarios, Op. cit., p. 58 – 59.

⁶⁴ IZAR LANDETA, *et al.* Op. cit., p. 32.

Tabla 23. Costo de faltantes por unidad, B_2v .

Ítem	Precio de Venta, PV [\$/Unid]	Valor del ítem, v [\$/Unid]	Costo de Faltantes, B_2v [\$/Unid]
MILO ACTIGEN-E DOY PACK ZIPPER 9X1.4KGCO	\$ 26.576,00	\$ 22.393,23	\$ 6.274,16
NESCAFE TRADICION 7(12X25G) CO	\$ 21.775,00	\$ 18.346,30	\$ 5.143,05
KLIM NUTRI-RINDE ALIMENTO LAC 60X104G CO	\$ 1.807,00	\$ 1.515,70	\$ 436,95
CALDO RICO 8X1.815KG CO	\$ 23.400,00	\$ 19.715,90	\$ 5.526,15
EL RODEO CON HIERRO 12X900G CO	\$ 13.440,00	\$ 11.324,47	\$ 3.173,30
SALTINAS ORIGINAL 60X125G CO	\$ 691,00	\$ 582,43	\$ 162,86
KLIM INTANTANEA 45(13X26G) CO	\$ 7.568,00	\$ 6.376,61	\$ 1.787,09
LA LECHERA LCA RISTRA 12(24X30G) CO	\$ 9.590,00	\$ 8.081,11	\$ 2.263,34
MILO ACTIGEN-E RISTRA 36(14X25G) CO	\$ 8.694,00	\$ 7.325,79	\$ 2.052,32
KLIM 1+ 30X500G CO	\$ 11.735,00	\$ 9.888,40	\$ 2.769,90
NESCAFE TRADICION 25(12X12G) PR 20%	\$ 9.072,00	\$ 7.644,29	\$ 2.141,57

Fuente. Elaborado por los autores.

6.5 Nivel de servicio

Inicialmente se establece un nivel de servicio del 99% común para todos los ítems, ya que el Gerente de la empresa desea que se presente el menor número de faltantes en cada ciclo de reposición. Sin embargo, es necesario calcular el nivel de servicio actual de cada producto. El cálculo del nivel de servicio de cada ítem bajo análisis se realizó utilizando datos concedidos por la empresa, estos datos son obtenidos observando los correos electrónicos que el auxiliar de compras envía a los vendedores para comunicar cuales productos están agotados, es así como se establecen el número de eventos de faltantes en un periodo de tiempo de 61 semanas. En la tabla 24 se muestra el nivel de servicio de cada ítem, los cuales fueron calculados utilizando la ecuación 10.

Tabla 24. Nivel de servicio actual.

Ítem	No de eventos de faltantes	No total de periodos	Nivel de servicio P_1
MILO ACTIGEN-E DOY PACK ZIPPER 9X1.4KGCO	1	61	98,36%
NESCAFE TRADICIÓN 7(12X25G) CO	2	61	96,72%
KLIM NUTRI-RINDE ALIMENTO LAC 60X104G CO	4	61	93,44%
CALDO RICO 8X1.815KG CO	2	61	96,72%
EL RODEO CONHIERRO 12X900G CO	0	61	100,00%
SALTINAS ORIGINAL 60X125G CO	2	61	96,72%
KLIM INSTANTÁNEA 45(13X26G) CO	3	61	95,08%
LA LECHERA LCA RISTRA 12(24X30G) CO	3	61	95,08%
MILO ACTIGEN-E RISTRA 36(14X25G) CO	2	61	96,72%
KLIM 1+ 30X500G CO	0	61	100,00%
NESCAFE TRADICIÓN 25(12X12G) PR 20%	4	61	93,44%

Fuente: elaborado por los autores.

Al analizar la tabla 24 se puede evidenciar que existe un desbalanceo en el nivel de servicio de los ítems clase A. Por ejemplo, mientras que la probabilidad de ocurrencia de faltantes en cada ciclo de reposición del ítem *MILO ACTIGEN-E DOY PACK ZIPPER 9X1.4KGCO* es casi del 0%, para el artículo *KLIM NUTRI-RINDE ALIMENTO LAC 60X104G CO* la probabilidad es del 6,56%. Según lo descrito en el numeral 4.5.4, una forma de corregir esta situación consiste en homogeneizar el nivel de servicio, determinando un nuevo factor de seguridad (k) común para todos los artículos, este se calcula utilizando la ecuación 39 dando como resultado $k = 1,8227$, a través de este valor se determina un nivel de servicio común $P_1 = 96,58\%$ para todos los ítems clase A. Para los niveles de servicio del 99%, 96,58% y los que actualmente maneja la empresa, se calcula en la siguiente sección el costo total relevante de cada una de las políticas, para establecer cuál de estos niveles de servicio genera el menor costo.

6.6 POLÍTICAS DE CONTROL DE INVENTARIOS

Se decidió abordar el problema de investigación a través de políticas de control conjunto debido a que todos los ítems de la empresa son comprados a un mismo proveedor, por lo que al aplicar este tipo de políticas se logran ahorros en los precios unitarios de compra y una disminución en los costos totales de ordenamiento.

En la tabla 25 se muestran los datos necesarios para calcular cada uno de los parámetros de las políticas seleccionadas.

Tabla 25. Datos para cálculo de las políticas de inventarios.

Ítems	Características					
	Demanda, D_i [Unidades/año]	Desviación estándar de los errores del pronóstico, σ_{1i} (referente a un mes) [Unidades]	Costo de agregar un ítem a la orden de compra, a_i [\$/ítem]	Valor unitario, v_i [\$/Unidad]	Precio de venta unitario, PVi [\$/Unidad]	Costo de faltante, $B2v_i$ [\$/Unidad]
Ítem 1	2676	22	425,68	22393,23	26576	6274,15
Ítem 2	2052	54	1080,21	18346,3	21775	5143,05
Ítem 3	249624	4868	3515,20	1515,7	1807	436,95
Ítem 4	5964	85	1198,91	19715,9	23400	5526,15
Ítem 5	4080	62	446,03	11324,47	13440	3173,29
Ítem 6	130344	3079	3352,42	582,43	691	162,85
Ítem 7	57816	619	907,25	6376,61	7568	1787,08
Ítem 8	18720	272	720,73	8081,11	9590	2263,33
Ítem 9	33708	293	1229,43	7325,79	8694	2052,31
Ítem 10	3300	50	432,47	9888,4	11735	2769,90
Ítem 11	15696	179	802,12	7644,29	9072	2141,56

Fuente: elaborado por los autores.

6.6.1 Política Actual

Para tener un punto de comparación de las políticas seleccionadas, es necesario calcular el costo de la política de inventarios que actualmente maneja la empresa, esta se determinó con base en los costos estimados en la sección 6.4 (costo de mantener, costo de ordenar y costo de faltantes).

El costo anual de mantener se calculó con la ecuación 5, tomando como base el inventario promedio de los ítems clase A mostrado en la tabla 26 y la tasa de mantenimiento del inventario, r (21,51%/año), dado como resultado un costo anual de \$13.108.994,69.

Tabla 26. Inventario promedio actual.

Ítem	Inventario Promedio [Unid]
MILO ACTIGEN-E DOY PACK ZIPPER 9X1.4KGCO	187
NESCAFE TRADICIÓN 7(12X25G) CO	194
KLIM NUTRI-RINDE ALIMENTO LAC 60X104G CO	9673
CALDO RICO 8X1.815KG CO	274
EL RODEO CONHIERRO 12X900G CO	171
SALTINAS ORIGINAL 60X125G CO	1895
KLIM INSTANTÁNEA 45(13X26G) CO	957
LA LECHERA LCA RISTRA 12(24X30G) CO	587
MILO ACTIGEN-E RISTRA 36(14X25G) CO	1530
KLIM 1+ 30X500G CO	356
NESCAFE TRADICIÓN 25(12X12G) PR 20%	594

Fuente: elaborado por los autores.

El costo anual de ordenar se calculó teniendo en cuenta el número promedio de órdenes anuales que realiza la empresa (104 ordenes/año) y los costos de pedir A y a_i para cada ítem, dando como resultado un costo anual de \$6.816.102,38.

No fue posible calcular el costo anual de faltantes de la política actual, debido a que la empresa no posee un registro de las ventas perdidas. En este sentido, el costo total relevante de la política actual es la suma de los costos de mantener y de ordenar. Se obtiene como resultado un costo total anual de \$19.925.097,07.

6.6.2 Política de Reabastecimiento Conjunto (R, S_i)

Considerando que la totalidad de los productos son suministrador por el mismo proveedor, se quiere reducir el número de compras por año para así obtener un ahorro en los costos totales de ordenamiento. Para esto se calcula un periodo de revisión (R) común para cada uno de los ítems utilizando la ecuación 27, mediante la cual, se obtiene un periodo de revisión de 7,02 días, este valor se aproxima a $R = 7$, debido a que es más adecuado para la administración revisar el inventario un mismo día a la semana, ya que de esta manera se reduce el riesgo de que el día de revisión del inventario caiga en un día no hábil. Por ejemplo, se podría especificar que el inventario de los 11 ítems clase A sea revisado cada jueves. Cabe aclarar que este intervalo de revisión no representa ninguna implicación negativa para el proveedor, debido a que pasaría de realizar dos despachos de pedidos semanales

a solo uno, lo que implicaría una reducción en sus costos de transporte, ya que es este quien asumen dicho valor.

Una vez se ha calculado el R, se procede a determinar el inventario máximo de cada ítem utilizando la ecuación 28, para los diferentes niveles de servicio.

La política de control consiste en revisar el inventario de los ítems clase A cada 7 días y ordenar la diferencia entre el nivel máximo de cada ítem y su inventario efectivo.

En la tabla 27 se muestra el inventario máximo (S_i) y el nivel de servicio P_2 esperado para un nivel de servicio (P_1) común del 99%, dando como resultado un costo total relevante de \$13.780.683,12 anual, el cual se calcula mediante la ecuación 29.

Tabla 27. Política (R, S_i) para un nivel de servicio (P_1) del 99%.

Política (R, S_i) para un nivel de servicio (P_1) del 99%.		
Ítem	Características	
	Inventario máximo, S_i [Unidades]	Nivel de servicio, P_{2i}
Ítem 1	94	99,92%
Ítem 2	119	99,75%
Ítem 3	12.358	99,81%
Ítem 4	255	99,86%
Ítem 5	180	99,85%
Ítem 6	7.137	99,77%
Ítem 7	2.214	99,90%
Ítem 8	808	99,86%
Ítem 9	1.204	99,92%
Ítem 10	145	99,85%
Ítem 11	615	99,89%
Costo de Ordenar [\$/año]		\$ 3.417.413,97
Costo de Mantener [\$/año]		\$ 9.728.808,85
Costo de Faltantes [\$/año]		\$ 634.460,30
CTR₂ [\$/año]		\$ 13.780.683,12

Fuente: Elaborado por los autores.

En la tabla 28 se muestra el inventario máximo (S_i) y el nivel de servicio P_2 esperado para cada ítem con el nivel de servicio actual (P_1), dando como resultado un costo total relevante de \$15.536.438,74 anual, el cual se calcula mediante la ecuación 29.

Tabla 28. Política (R, S_i) para el nivel de servicio (P_1) actual.

Política (R, S_i) para el nivel de servicio (P_1) actual.		
Ítem	Características	
	Inventario máximo, S_i [Unidades]	Nivel de servicio, P_{2i}
Ítem 1	92	99,9%
Ítem 2	105	99,0%
Ítem 3	10.180	98,4%
Ítem 4	233	99,5%
Ítem 5	262	100,0%
Ítem 6	6.319	99,1%
Ítem 7	1.986	99,4%
Ítem 8	708	99,1%
Ítem 9	1.127	99,7%
Ítem 10	212	100,0%
Ítem 11	535	99,1%
Costo de Ordenar [\$/año]		\$ 3.417.413,97
Costo de Mantener [\$/año]		\$ 8.352.912,67
Costo de Faltantes [\$/año]		\$ 3.766.112,10
CTR₂ [\$/año]		\$ 15.536.438,74

Fuente: elaborado por los autores.

En la tabla 29 se muestra el inventario máximo (S_i) y el nivel de servicio (P_2) esperado para cada ítem con un nivel de servicio (P_1) común del 96.58%, dando como resultado un costo total relevante de \$14.293.905,35 anual. Se calcula mediante la ecuación 29.

Tabla 29. Política (R, S_i) para un nivel de servicio (P₁) del 96.58%.

Política (R, S_i) para un nivel de servicio del 96.58%.		
ítem	Características	
	Inventario máximo, S_i [Unidades]	Nivel de servicio, P_{2i}
Ítem 1	92	99,86%
Ítem 2	105	99,03%
Ítem 3	10180	98,40%
Ítem 4	233	99,48%
Ítem 5	262	100,00%
Ítem 6	6319	99,13%
Ítem 7	1986	99,37%
Ítem 8	708	99,15%
Ítem 9	1127	99,68%
Ítem 10	212	100,00%
Ítem 11	535	99,07%
	Costo de Ordenar [\$/año]	\$ 3.417.413,97
	Costo de Mantener [\$/año]	\$ 8.352.912,67
	Costo de Faltantes [\$/año]	\$ 2.523.578,72
	CTR₂ [\$/año]	\$ 14.293.905,35

Fuente: elaborado por los autores.

Al comparar las tablas 27, 28 y 29, se puede observar que la mejor política de reabastecimiento conjunto (R, S_i) se obtiene con un nivel de servicio (P₁) del 99%, dando como resultado un costo total relevante de \$13.780.683,12 anual.

6.6.3 Política *min-max* de Reabastecimiento Conjunto (s_i, S_i)

En esta política cada vez que el inventario efectivo de algún ítem llega al punto de reorden (s_i) o inferior a él, se hace un pedido de tamaño tal, que el inventario efectivo de cada uno de los ítems llegue a un nivel máximo (S_i). La cantidad a ordenar depende del inventario efectivo y del nivel máximo, y, por lo tanto, puede variar entre un período y otro.

Inicialmente se calcula el tamaño de pedido (Q_i) para cada ítem basado en la EOQ_i, utilizando la ecuación 30. Posteriormente, se define el nivel de servicio (P₁) con el que se determina el punto de reorden (s_i) y el inventario máximo (S_i) para cada ítem utilizando las ecuaciones 31 y 32 respectivamente. Finalmente se calcula el costo total relevante de la política por medio de la ecuación 33.

En la tabla 30 se muestra el punto de reorden (s_i), el tamaño de pedido (Q_i), inventario máximo (S_i) y el nivel de servicio P_2 esperado para cada ítem con un nivel de servicio (P_1) del 99%, dando como resultado un costo total relevante de \$14.626.307,90 anual. Se calcula mediante la ecuación 33.

Tabla 30. Política (s_i, S_i) para un nivel de servicio (P_1) del 99%.

Política (s_i, S_i) para un nivel de servicio (P_1) del 99%.				
Ítem	Punto de reorden, s_i [Unidades]	Tamaño del pedido, Q_i [Unidades]	Inventario máximo, S_i [Unidades]	Nivel de servicio, P_{2i}
Ítem 1	28	270	298	99,99%
Ítem 2	44	260	304	99,98%
Ítem 3	4.292	9.902	14.194	99,96%
Ítem 4	84	413	496	99,98%
Ítem 5	60	446	505	99,99%
Ítem 6	2.564	11.068	13.631	99,98%
Ítem 7	689	2.163	2.852	99,97%
Ítem 8	266	1.085	1.350	99,98%
Ítem 9	361	1518	1.879	99,98%
Ítem 10	48	404	452	99,99%
Ítem 11	194	999	1.192	99,98%
Costo de Ordenar [\$/año]			\$	1.751.541,70
Costo de Mantener [\$/año]			\$	12.758.944,98
Costo de Faltantes [\$/año]			\$	115.821,22
CTR₂ [\$/año]			\$	14.626.307,90

Fuente: elaborado por los autores.

En la tabla 31 se muestra el punto de reorden (s_i), el tamaño de pedido (Q_i), inventario máximo (S_i) y el nivel de servicio P_2 esperado para cada ítem con el nivel de servicio (P_1) actual, dando como resultado un costo total relevante de \$14.611.963,05 anual. Se calcula mediante la ecuación 33.

Tabla 31. Política (s_i , S_i) para el nivel de servicio (P_1) actual.

Política (s_i , S_i) para el nivel de servicio (P_1) actual.				
Ítem	Punto de reorden, s_i [Unidades]	Tamaño del pedido, Q_i [Unidades]	Inventario máximo, S_i [Unidades]	Nivel de servicio, P_{2i}
Ítem 1	27	270	297	99,99%
Ítem 2	37	260	297	99,93%
Ítem 3	3.265	9.902	13.167	99,64%
Ítem 4	73	413	486	99,93%
Ítem 5	98	446	544	100,00%
Ítem 6	2.178	11.068	13.246	99,91%
Ítem 7	581	2.163	2.744	99,85%
Ítem 8	219	1085	1.303	99,87%
Ítem 9	324	1518	1.842	99,94%
Ítem 10	79	404	483	100,00%
Ítem 11	156	999	1.154	99,87%
Costo de Ordenar [\$/año]			\$	1.751.541,70
Costo de Mantener [\$/año]			\$	12.110.341,3
Costo de Faltantes [\$/año]			\$	750.080,05
CTR₂ [\$/año]			\$	14.611.963,05

Fuente: elaborado por los autores.

En la tabla 32 se muestra el punto de reorden (s_i), el tamaño de pedido (Q_i), inventario máximo (S_i) y el nivel de servicio P_2 esperado para cada ítem con un nivel de servicio (P_1) de 96,61%, dando como resultado un costo total relevante de \$14.323.074,31 anual. Se calcula mediante la ecuación 33.

Tabla 32. Política (s_i , S_i) para un nivel de servicio (P_1) del 96,58%.

Política (s_i , S_i) para un nivel de servicio (P_1) del 96,58%.				
ítem	Punto de reorden, s_i [Unidades]	Tamaño del pedido, Q_i [Unidades]	Inventario máximo, S_i [Unidades]	Nivel de servicio, P_{2i}
Ítem 1	27	270	297	99,99%
Ítem 2	37	260	297	99,93%
Ítem 3	3.265	9.902	13.167	99,64%
Ítem 4	73	413	486	99,93%
Ítem 5	98	446	544	100,00%
Ítem 6	2.178	11.068	13.246	99,91%
Ítem 7	581	2.163	2.744	99,85%
Ítem 8	219	1.085	1.303	99,87%
Ítem 9	324	1.518	1.842	99,94%
Ítem 10	79	404	484	100,00%
Ítem 11	156	998	1154	99,87%
Costo de Ordenar [\$/año]			\$	1.751.541,70
Costo de Mantener [\$/año]			\$	12.110.341,30
Costo de Faltantes [\$/año]			\$	460.681,24
CTR₂ [\$/año]			\$	14.322.564,24

Fuente: elaborado por los autores.

Al comparar las tablas 30, 31 y 32, se puede observar que la mejor política *min-max* de reabastecimiento conjunto (s_i , S_i) se obtiene con un nivel de servicio (P_1) del 96,58%, dando como resultado un costo total relevante de \$14.322.564,24 anual.

6.6.4 Política de Control basado en el Heurístico Eynan y Kropp

Este heurístico se basa en un sistema de revisión periódico que consiste en calcular un tiempo básico de revisión del inventario T y un número entero k_i para cada artículo, para posteriormente determinar el tiempo de revisión ($k_i T$) y el nivel de inventario máximo (S_i) para cada ítem.

En la tabla 33 se muestra el número entero k_i , el inventario máximo (S_i) y el nivel de servicio (P_2) esperado para cada ítem con un nivel de servicio (P_1) común del 99%, dando como resultado un costo total relevante de \$13.582.323,93 anual. Se calcula mediante la ecuación 34 y un intervalo de revisión de 5 días.

Tabla 33. Política basada en el Heurístico Eynan y Kropp para un nivel de servicio (P_1) del 99%.

Política basada en el Heurístico Eynan y Kropp para un nivel de servicio (P_1) del 99%.				
ítem	Número entero, k_i	Tiempo de revisión, $k_i T$ [Días]	Inventario máximo, S_i [Unidades]	Nivel de servicio, P_{2i}
Ítem 1	1	5	76	99,90%
Ítem 2	1	5	100	99,69%
Ítem 3	1	5	10.258	99,77%
Ítem 4	1	5	210	99,83%
Ítem 5	1	5	148	99,82%
Ítem 6	1	5	5.960	99,72%
Ítem 7	1	5	1.804	99,87%
Ítem 8	1	5	665	99,83%
Ítem 9	1	5	976	99,90%
Ítem 10	1	5	119	99,82%
Ítem 11	1	5	502	99,86%
Costo de Ordenar [\$/año]			\$	4.784.379,55
Costo de Mantener [\$/año]			\$	8.014.586,43
Costo de Faltantes [\$/año]			\$	783.357,94
CTR₂ [\$/año]			\$	13.582.323,93

Fuente: elaborado por los autores.

En la tabla 34 se muestra el número entero k_i , el inventario máximo (S_i) y el nivel de servicio (P_2) esperado para cada ítem con el nivel de servicio (P_1) actual, dando como resultado un costo total relevante de \$15.715.746,62 anual, el cual se calcula mediante la ecuación 34 y un intervalo de revisión de 6 días.

Tabla 34. Política basada en el Heurístico Eynan y Kropp para el nivel de servicio (P_1) actual.

Política basada en el Heurístico Eynan y Kropp para el nivel de servicio (P_1) actual.				
ítem	Número entero, k_i	Tiempo de revisión, $k_i T$ [Días]	Inventario máximo, S_i [Unidades]	Nivel de servicio, P_{2i}
Ítem 1	1	6	83	99,85%
Ítem 2	1	6	96	98,94%
Ítem 3	1	6	9266	98,24%
Ítem 4	1	6	212	99,42%
Ítem 5	1	6	242	99,99%
Ítem 6	1	6	5785	99,05%
Ítem 7	1	6	1796	99,31%
Ítem 8	1	6	642	99,06%
Ítem 9	1	6	1017	99,65%
Ítem 10	1	6	195	99,99%
Ítem 11	1	6	484	98,97%
Costo de Ordenar [\$/año]			\$	3.986.982,96
Costo de Mantener [\$/año]			\$	7.586.251,69
Costo de Faltantes [\$/año]			\$	4.142.511,97
CTR₂ [\$/año]			\$	15.715.746,62

Fuente: elaborado por los autores.

En la tabla 35 se muestra el número entero k_i , el inventario máximo (S_i) y el nivel de servicio (P_2) esperado para cada ítem con un nivel de servicio (P_1) común del 96,58%, dando como resultado un costo total relevante de \$14.349.029,62 anual, el cual se calcula mediante la ecuación 34 y un intervalo de revisión de 6 días.

Tabla 35. Política basada en el Heurístico Eynan y Kropp para un nivel de servicio (P_1) del 96,58%.

Política basada en el Heurístico Eynan y Kropp para un nivel de servicio (P_1) del 96,58%.				
ítem	Número entero, k_i	Tiempo de revisión, $k_i T$ [Días]	Inventario máximo, S_i [Unidades]	Nivel de servicio, P_{2i}
Ítem 1	1	6	83	99,65%
Ítem 2	1	6	96	98,89%
Ítem 3	1	6	9.266	99,17%
Ítem 4	1	6	212	99,40%
Ítem 5	1	6	242	99,36%
Ítem 6	1	6	5.785	99,00%
Ítem 7	1	6	1796	99,55%
Ítem 8	1	6	642	99,38%
Ítem 9	1	6	1.017	99,63%
Ítem 10	1	6	195	99,36%
Ítem 11	1	6	484	99,52%
Costo de Ordenar [\$/año]			\$	3.986.982,96
Costo de Mantener [\$/año]			\$	7.586.251,69
Costo de Faltantes [\$/año]			\$	2.775.794,97
CTR₂ [\$/año]			\$	14.349.029,62

Fuente: elaborado por los autores.

Al comparar las tablas 33, 34 y 35, se puede observar que la mejor política basada en el Heurístico Eynan y Kropp se obtiene con un nivel de servicio (P_1) del 99%, dando como resultado un costo total relevante de \$13.582.323,93 anual y un periodo de revisión de 5 días.

6.6.5 Comparación Políticas

En la tabla 36 se compara el costo total relevante de cada una de las políticas para diferentes niveles de servicio, en ésta se puede observar que la política que representa el menor costo es la propuesta por Eynan y Kropp para un nivel de servicio del 99% con un CTR = \$ 13.582.323,93, pero debido a que esta política establece un intervalo de revisión común de 5 días y que dicho valor no es viable desde el punto de vista administrativo, se decide seleccionar la política de control conjunto (R, S_i) con un CTR = \$ 13.780.683,12, que establece un tiempo de revisión común de 7 días, valor que si se considera viable desde el punto de vista administrativo, ya que se puede establecer como política realizar una orden de

compra el mismo día cada semana. Esta decisión no representa un aumento significativo en el costo total relevante, ya que la diferencia entre ambas políticas es de \$ 212.370,39, es decir, una diferencia del 1,57%.

Tabla 36. Costo Total Relevante anual vs nivel de servicio.

Política	Nivel de Servicio (P ₁)		
	P ₁ Actual	96,58%	99,00%
Control conjunto (R, S _i)	\$ 15.536.438,74	\$ 14.293.905,35	\$ 13.780.683,12
Control conjunto (s _i , S _i)	\$ 14.611.963,05	\$ 14.322.564,24	\$ 14.626.307,90
Heurístico de Eynan y Kropp	\$ 15.715.746,62	\$ 14.349.029,62	\$ 13.582.323,93
Política Actual	\$19.925.097,07		

Fuente. Elaborado por los autores.

Tabla 37. Diferencia entre el nivel de servicio actual y el propuesto.

Ítem	Nivel de Servicio Actual	Nivel de Servicio Propuesto	Diferencia
MILO ACTIGEN-E DOY PACK ZIPPER 9X1.4KGCO	98,36%	99,00%	0,64%
NESCAFE TRADICIÓN 7(12X25G) CO	96,72%	99,00%	2,28%
KLIM NUTRI-RINDE ALIMENTO LAC 60X104G CO	93,44%	99,00%	5,56%
CALDO RICO 8X1.815KG CO	96,72%	99,00%	2,28%
EL RODEO CON HIERRO 12X900G CO	100,00%	99,00%	-1,00%
SALTINAS ORIGINAL 60X125G CO	96,72%	99,00%	2,28%
KLIM INSTANTÁNEA 45(13X26G) CO	95,08%	99,00%	3,92%
LA LECHERA LCA RISTRA 12(24X30G) CO	95,08%	99,00%	3,92%
MILO ACTIGEN-E RISTRA 36(14X25G) CO	96,72%	99,00%	2,28%
KLIM 1+ 30X500G CO	100,00%	99,00%	-1,00%
NESCAFE TRADICIÓN 25(12X12G) PR 20%	93,44%	99,00%	5,56%

Fuente. Elaborado por los autores.

En la tabla 37 se puede observar la diferencia entre el nivel de servicio actual y el propuesto de cada uno de los ítems clase A, donde por ejemplo para el artículo *KLIM NUTRI-RINDE ALIMENTO LAC 60X104G CO* el nivel de servicio aumenta de 93,44% a 99,00% (es decir que tuvo un aumento del 5,56%), mientras que para el ítem *KLIM 1+ 30X500G CO* su nivel de servicio disminuye de 100,00% a 99,00% (una disminución del 1%). Al analizar dichas diferencias se puede observar un aumento promedio del nivel de servicio de 2,43% a la vez que se reduce el costo

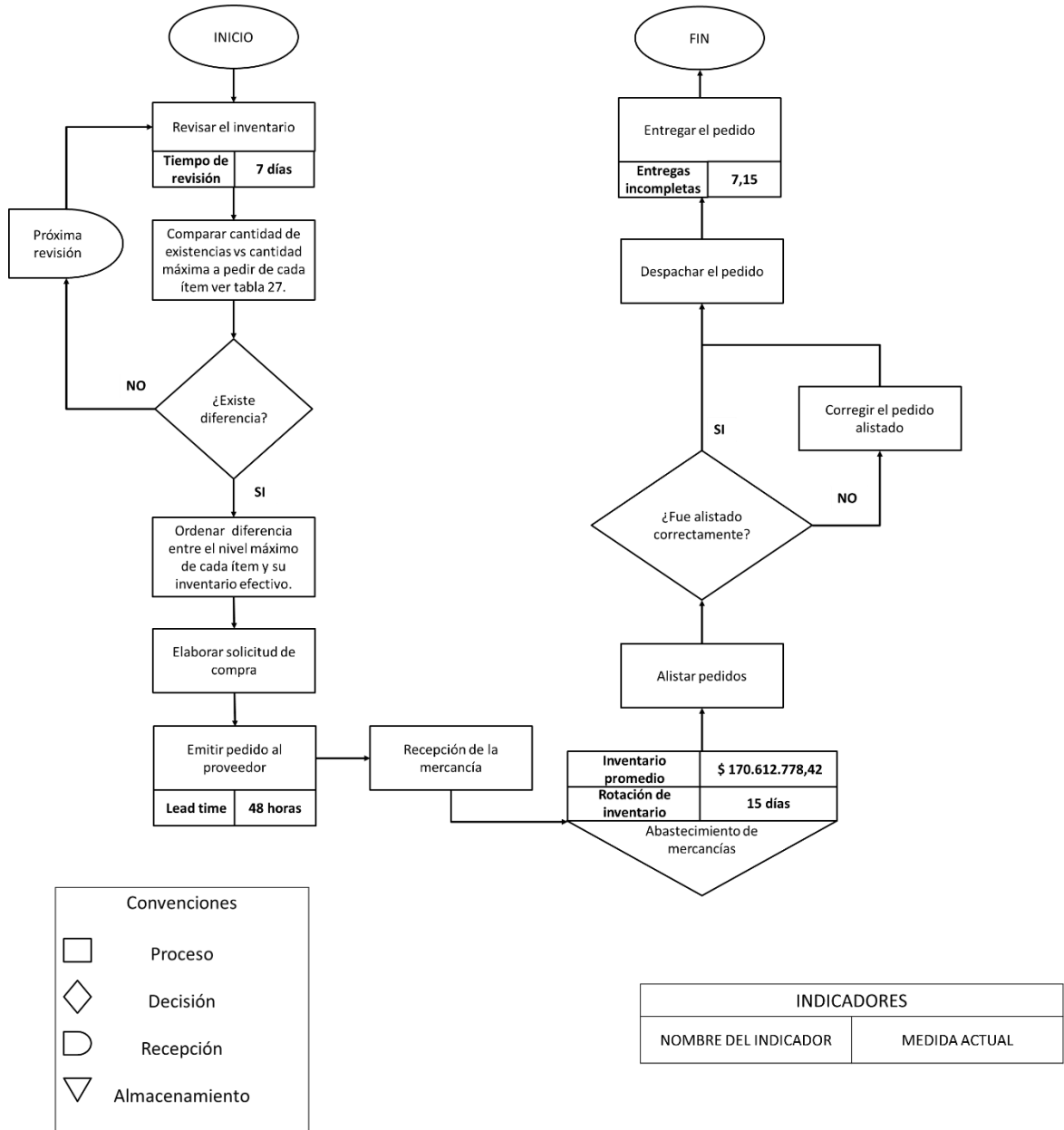
anual de mantener el inventario en \$ 3.380.185,83 (de \$ 13.108.994,69 de la política actual a \$ 9.728.808,85 de la política propuesta).

Al comparar la política de inventarios seleccionada (R, Si) con la política de inventarios actual, se puede observar un ahorro total anual de \$ 6.144.413,95 con un aumento promedio del nivel de servicio de 2,42%, lo que representa un 8,82% de la utilidad neta anual^(*).

En la figura 16 se muestra el diagrama de flujo de la política de inventario propuesta, en la que se puede observar que se espera un índice de rotación de inventarios de 15 días (evidenciando una reducción de 2 días en éste indicador), esta disminución puede parecer baja, pero se debe tener en cuenta que la política solo se aplicó para 11 de los 119 ítems en inventario. Por otro lado se puede apreciar el aumento del intervalo de revisión del inventario, pasando de 3 a 7 días lo que generaría una reducción en los costos anuales de ordenar de \$ 3.398.688,41 (de \$ 6.816.102,38 de la política actual a \$ 3.417.413,97 de la política propuesta). Análogamente se espera una reducción de \$ 21.200.146,53 en el inventario promedio que maneja la empresa (de \$ 191.812.924,95 de la política actual a \$ 170.612.778,42 de la política propuesta).

^(*) Según datos suministrados por la empresa, la utilidad neta durante el año 2015 fue de \$69.685.132,20.

Figura 16. Diagrama de flujo del inventario propuesto para la empresa Tiendas del Norte S.A.S



Fuente. Elaborado por los autores.

6.6.6 Simulación de la política propuesta

Con el propósito de validar la eficacia de la política de reabastecimiento conjunto (R, Si) propuesta, se realiza la simulación del comportamiento del inventario de cada uno de los ítems clase A durante un periodo de 365 días en función de los parámetros definidos en la política: intervalo de revisión (R) igual a 7 días y el inventario máximo de cada ítem (Si) definido en la tabla 27 del numeral 6.6.2. Como

variable aleatoria se utilizó la demanda de cada artículo con la distribución de probabilidad descrita en el numeral 6.2.1. La simulación se realizó en una hoja de cálculo de Excel.

En la simulación del inventario de cada ítem se realizaron 10 iteraciones para comprobar la coherencia de los valores encontrados. A manera de ejemplo en la tabla 38 se muestra cantidad de pedidos, el inventario promedio, la cantidad de faltantes, el nivel de servicio P₁ y el nivel de servicio P₂ obtenidos en cada una de las 10 iteraciones para el ítem *SALTINAS ORIGINAL 60X125G CO* junto con el respectivo promedio.

Tabla 38. Resumen de la simulación del ítem SALTINAS ORIGINAL 60X125G CO.

Iteración	Pedidos [Pedidos/año]	Inventario promedio [Unidades]	Faltantes [Unidades/año]	Nivel de servicio P₁	Nivel de servicio P₂
Iteración 1	52	4526	132	99,73%	99,93%
Iteración 2	52	4800	0	100,00%	100,00%
Iteración 3	52	4737	0	100,00%	100,00%
Iteración 4	52	4509	140	99,73%	99,92%
Iteración 5	52	4660	71	99,73%	99,96%
Iteración 6	52	4301	191	99,45%	99,90%
Iteración 7	52	4670	0	100,00%	100,00%
Iteración 8	52	4595	0	100,00%	100,00%
Iteración 9	52	4650	97	99,73%	99,94%
Iteración 10	52	4649	0	100,00%	100,00%
Promedio	52	4610	63	99,84%	99,96%

Fuente. Elaborado por los autores.

Una vez realizadas las 10 iteraciones para cada ítem se procede a realizar el cálculo de los costos del inventario para cada iteración, cuyos resultados se pueden observar en la tabla 39.

Tabla 39. Simulación de los costos de la política (R, Si).

Iteración	Costo de Mantener [\$/año]	Costo de Ordenar [\$/Año]	Costo de Faltantes [\$/Año]	Costo Total Relevante [\$/Año]
Iteración 1	\$ 9.794.549,09	\$ 3.400.399,72	\$ 611.558,67	\$ 13.806.507,48
Iteración 2	\$ 9.704.298,96	\$ 3.396.884,51	\$ 1.102.301,66	\$ 14.203.485,13
Iteración 3	\$ 9.659.673,83	\$ 3.401.629,15	\$ 340.215,38	\$ 13.401.518,37
Iteración 4	\$ 9.536.646,39	\$ 3.398.113,95	\$ 1.440.466,59	\$ 14.375.226,93
Iteración 5	\$ 9.516.839,49	\$ 3.401.629,15	\$ 1.276.293,02	\$ 14.194.761,66
Iteración 6	\$ 9.243.839,08	\$ 3.402.709,37	\$ 1.428.175,90	\$ 14.074.724,35
Iteración 7	\$ 9.822.917,04	\$ 3.398.113,95	\$ 186.285,24	\$ 13.407.316,22
Iteración 8	\$ 9.567.077,51	\$ 3.397.033,73	\$ 1.027.477,16	\$ 13.991.588,40
Iteración 9	\$ 9.805.401,14	\$ 3.398.113,95	\$ 748.911,02	\$ 13.952.426,11
Iteración 10	\$ 9.398.466,30	\$ 3.395.953,51	\$ 1.121.388,80	\$ 13.915.808,62
Promedio	\$ 9.604.970,88	\$ 3.399.058,10	\$ 928.307,35	\$ 13.932.336,33

Fuente. Elaborado por los autores.

Para efectos de comparación de los valores estimados a través de la política y los valores obtenidos en la simulación, en la tabla 40 se muestran los costos estimados con la política (R, Si) al igual que los valores mínimos, máximos y promedios de cada uno de los costos del inventario obtenidos en la simulación, en donde se puede observar que los valores esperados se encuentran dentro de los límites mínimos y máximos simulados, presentando niveles de servicio P₁ mayores a los esperados con la política.

Tabla 40. Comparación entre la política (R, Si) y la simulación.

Parámetros	Valores esperados con la política (R, Si)	Valor mínimo obtenido en la simulación	Valor máximo obtenido en la simulación	Valores promedio obtenidos
Costo de ordenar [\$/Año]	3.417.413,97	3.395.953,51	3.402.709,37	3.399.058,10
Costo de mantener [\$/Año]	9.728.808,85	9.243.839,08	9.822.917,04	9.604.970,88
Costo de faltantes [\$/Año]	634.460,30	186.285,24	1.440.466,59	928.307,35
Costo Total Relevante [\$/Año]	13.780.683,12	13.401.518,37	14.375.226,93	13.932.336,33

Fuente. Elaborado por los autores.

En la tabla 41 se puede apreciar la comparación entre los niveles de servicio P₁ y P₂ esperados en la política y los niveles de servicio promedios obtenidos en la simulación para cada uno de los ítems en inventario, con lo que se evidencia el buen rendimiento de la política de inventarios propuesta.

Tabla 41. Nivel de servicio P₁ y P₂ simulados.

ítems	Nivel de servicio P _{1i}		Nivel de servicio P _{2i}	
	Esperado	Simulado	Esperado	Simulado
MILO ACTIGEN-E DOY PACK ZIPPER 9X1.4KGCO	99,00%	100,00%	99,92%	100,00%
NESCAFE TRADICIÓN 7(12X25G) CO	99,00%	99,97%	99,75%	99,96%
KLIM NUTRI-RINDE ALIMENTO LAC 60X104G CO	99,00%	99,95%	99,81%	99,99%
CALDO RICO 8X1.815KG CO	99,00%	99,97%	99,86%	99,95%
EL RODEO CON HIERRO 12X900G CO	99,00%	99,97%	99,85%	99,98%
SALTINAS ORIGINAL 60X125G CO	99,00%	99,84%	99,77%	99,96%
KLIM INSTANTÁNEA 45(13X26G) CO	99,00%	98,90%	99,90%	99,57%
LA LECHERA LCA RISTRA 12(24X30G) CO	99,00%	99,89%	99,86%	99,88%
MILO ACTIGEN-E RISTRA 36(14X25G) CO	99,00%	99,59%	99,92%	99,71%
KLIM 1 + 30X500G CO	99,00%	99,86%	99,85%	99,86%
NESCAFE TRADICIÓN 25(12X12G) PR 20%	99,00%	99,81%	99,89%	99,78%

Fuente. Elaborado por los autores.

7 CONCLUSIONES

- El análisis de la situación actual de la empresa permitió identificar que la cantidad a ordenar de cada producto se define basado en la experiencia del gerente, lo que ocasiona que la empresa tenga actualmente una inversión promedio en inventario de \$19.812.924.12 que rota aproximadamente cada 17 días y considerando que el tiempo de reposición del proveedor es de 2 días, se evidencia la posibilidad de reducir el nivel de inversión en inventario, aumentando la rotación del mismo por medio de una política de inventario que tenga en cuenta el comportamiento de la demanda de los productos, costos de inventario y nivel de servicio deseado.
- Se determinó el mejor sistema de pronósticos para cada uno de los ítems clase A y se pudo evidenciar su eficacia, debido a que al analizar la señal de rastreo se observa que para el 91% de los productos (10 de 11 ítems) ésta se encuentra dentro de los límites de control.
- Para establecer la política de inventarios se compararon 3 métodos: sistema de abastecimiento conjunto (R, S_i), sistema min-max de reabastecimiento conjunto (s_i, S_i) y el heurístico propuesto por Eynan y Kropp, de los cuales el que mejor se ajusta a las características de la empresa es el sistema de abastecimiento conjunto (R, S_i) con un nivel de servicio (P_1) del 99%, a través del cual se genera una reducción en el costo anual del inventario del 31% (de \$19.925.097,07 a \$13.780.683,12).
- Se evidencia que para bajos costos de ordenar, el heurístico propuesto por Eynan y Kropp se comporta como un sistema de control conjunto (R, S_i), por esta razón este heurístico es más adecuado cuando se presentan altos costos de ordenamiento a_i , lo que ocurre cuando alguno de los ítems incluidos en la orden de compra requiere de un proceso de inspección riguroso que hace que su costo de revisión sea mayor que el de los demás.
- La política de inventario propuesta representa un ahorro de \$6.144.413,95 anuales en el costo de llevar el inventario, ahorro que representa un 8,82% de la utilidad anual de la empresa. Al mismo tiempo la política permite aumentar el nivel de servicio en un 2,42% (de 96,58% a 99,00%).

8 RECOMENDACIONES

- Diagnosticar el desempeño de la política de inventario propuesta, por medio de una simulación para evaluar alternativas en el diseño de la política y comparar los resultados para llevar a cabo una mejor toma de decisiones. Al tener un registro del desempeño de la política será más fácil para la organización iniciar su implementación, lo cual permitirá a la empresa evaluar su desempeño, controlar y hacer seguimiento a sus resultados.
- Extender el número de ítems incluidos en la política de inventarios. En el presente documento se incluyeron 11 ítems en la política de reabastecimiento conjunto, ítems que representan el 50% del total de las ventas, pero sería ideal lograr incluir un mayor número de ítems que puedan abarcar un 80% del total de las ventas.
- Aplicar otros algoritmos heurísticos, como el recocido simulado–sección dorada para el problema de reabastecimiento multiproducto con demanda estocástica, esto permitirá evidenciar si existen diferencias significativas con los resultados obtenidos con el heurístico propuesto por Eynan y Kroop.

BIBLIOGRAFÍA

BALLOU, Ronald. Logística. Administración de la cadena de suministro. 5 ed. México: PEARSON EDUCACIÓN, 2004. p. 328-339.

BUSTOS FLORES, Carlos Eduardo y CHACÓN PARRA, Galia Beatriz. El MRP en la gestión de inventarios. En: Visión Gerencial. Enero-junio, 2007, vol. 6, no. 1, p. 5-17.

CASTRO, Carlos; CASTRO, Jaime y VÉLEZ, Mario. Clasificación ABC Multicriterio: Tipos de Criterios y Efectos en la Asignación de Pesos. En: Iteckne. Diciembre, 2011, no. 2, p.163-170.

CASTRO ZULUAGA, Carlos; URIBE CADAVID, Diana y CASTRO URREGO, Jaime. Marco de Referencia para el Desarrollo de un Sistema de Apoyo para la Toma de Decisiones para la Gestión de Inventarios. En: Revista INGE CUC. Junio, 2014, vol. 10, no. 1, p. 32 - 44.

CHAPMAN, Stephen. Planeación y control de la producción. 1 ed. México: PEARSON EDUCACIÓN, 2006. p. 101-102.

CHASE, Richard y JACOBS, Robert. Administración de operaciones. Producción y cadenas de suministro. 13 ed. México: McGraw-Hill, 2014. p. 558.

EYNAN, A. y KROPP, D. H. Periodic review and joint replenishment in stochastic demand environments. En: IIE Transactions. 1998, vol. 30, no. 11, p. 1025 – 1033.

GARCÍA DUNNA, Eduardo; GARCÍA REYES, Heriberto y CÁRDENAS BARRÓN, Leopoldo. Simulación y análisis de sistemas con ProModel. 2 ed. México: PEARSON, 2013. p. 74 – 78.

GUTIÉRREZ GONZÁLEZ, Eduardo, *et al.* Aplicación de un modelo de inventario con revisión periódica para la fabricación de transformadores de distribución. En: Ingeniería Investigación y Tecnología. Octubre-diciembre, 2013, vol. 14, no. 4, p. 537-551.

GUTIÉRREZ, Valentina y JARAMILLO, Diana. Reseña del software disponible en Colombia para la gestión de inventarios en cadenas de abastecimiento. En: Estudios Gerenciales. Enero-marzo, 2009, vol. 25, no. 110, p.125-53.

HEIZER, Jay y RENDER, Barry. Principios de Administración de Operaciones. 9 ed. México: PEARSON EDUCACIÓN, 2014. p. 133-135.

HERNÁNDEZ GONZÁLEZ. Algoritmo recocido simulado–sección dorada para el problema de reaprovisionamiento multiproducto con demanda estocástica. En: Revista de Matemática: Teoría y Aplicaciones et al.2010, vol.17, no. 2, p. 121–141.

IZAR LANDETA, Juan Manuel, et al. Determinación del costo del inventario con el método híbrido. En: Conciencia Tecnológica. Julio – diciembre, 2012, no. 44, p. 30 – 35.

KASP, I. M., y ROSENBLATT, M. J. On the economic ordering quantity for jointly replenishment items. En: International Journal of Production Research, vol 29, no. 10, p.107–114.

KRAJEWSKI, Lee; RITZMAN, Larry y MALHOTRA, Manoj. Administración de operaciones. Procesos y cadenas de valor. 12 ed. México: PEARSON EDUCACIÓN, 2013. p. 469.

López, María Victoria. Software de simulación de un modelo de inventario. En: Universidad Nacional del Nordeste corrientes argentinas. Junio, 2006, no 1449, p. 203-208.

LUNG, Wan. A simple classifier for multiple criteria ABC analysis. En: European Journal of Operational Research. 2007, vol. 177, no. 1, p.344–353.

NIETO MONTEALEGRE, Jessica Paola. Aplicación de diferentes modelos para determinar el stock de seguridad óptimo en una empresa distribuidora. Tesis para optar por el título de especialista en Gerencia de Logística Integral. Universidad Militar Nueva Granada. 2013.

OTERO PINEDA, María Alejandra. Diseño de una propuesta de gestión de abastecimiento e inventarios para un astillero en Colombia. Tesis para optar por el título de Magister en Ingeniería Industrial. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de

Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería en Sistemas e Industrial. 2012. p. 107.

PÉREZ, Ricardo Alberto; MOSQUERA, Silvio Andrés y BRAVO, Juan José. Aplicación de modelos de pronósticos en productos de consumo masivo. En: Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. Julio-diciembre, 2012, vol. 10, no. 2, p. 117-125.

PÉREZ VERGARA, Ileana, *et al.* Un modelo de gestión de inventarios para una empresa de productos alimenticios. En: Ingeniería Industrial. Mayo-agosto, 2013, vol. 34, no. 2, p. 227-236.

RAMÍREZ CASTAÑEDA, Leila Nayibe, *et al.* Aplicación de un modelo de inventarios multiproductos para las PYMES en Bogotá. En: Ingenio Libre. 2010, no. 9, p. 74-81.

SIPPER, Daniel y BULFIN, Robert. Planeacion y control de la produccion. 1 ed. México: Mc Graw-Hill, 1998. p. 222.

VIDAL HOLGUÍN, Carlos Julio; LONDOÑO ORTEGA, Julio César y CONTRERAS RENGIFO, Fernando. Aplicación de modelos de inventarios en una cadena de abastecimiento de productos de consumo masivo con una bodega y N puntos de venta. En: Ingeniería y Competitividad. Septiembre, 2004, vol. 6, no. 1, p. 35-52.

VIDAL HOLGUÍN, Carlos Julio. Fundamentos de control y gestión de inventarios. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del Valle, 2010. p. 136.

VIDAL HOLGUÍN, Carlos Julio. Planeación, Optimización y Administración de Cadenas de Abastecimiento. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del Valle, 2010. p. 58 - 59.

ANEXOS

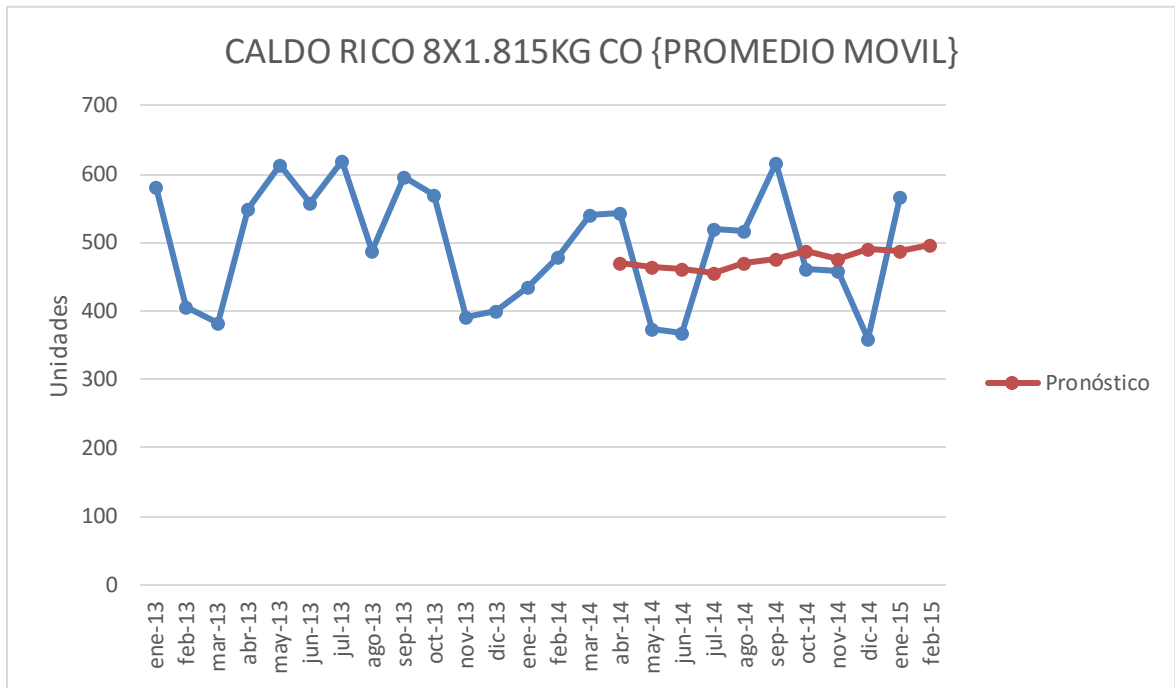
ANEXO A. CLASIFICACIÓN ABC.

Ítem	Multicriterio	Tradicional	Wan Lung
KLIM 1+ MIEL PREBIO1 6X1700G CO	A	C	A
MILO ACTIGEN-E DOY PACK ZIPPER 9X1.4KGCO	A	A	A
NESCAFE TRADICIÓN 7(12X25G) CO	A	A	A
KLIM NUTRI-RINDE ALIMENTO LAC 60X104G CO	A	A	A
MILO ACTIGEN-E DOYPACK 8X1.1KG CO	A	C	A
CALDO RICO 8X1.815KG CO	A	A	A
MILO NUGGETS DSPL 8(18X40G) CO	A	C	A
MAGGI CALDO GALLINA 8X1.815KG	A	B	A
EL RODEO CON HIERRO 12X900G CO	A	A	A
KLIM NUTRI-RINDE ALT LACTEO 12X900G CO	A	C	A
SALTINAS ORIGINAL 60X125G CO	A	A	A
COCOSSETTE MAXI WAFER 6(18X50G) CO	A	B	A
KLIM INSTANTANEA 45(13X26G) CO	A	A	A
LA LECHERA LCA RISTRA 12(24X30G) CO	A	A	A
MILO ACTIGEN-E RISTRA 36(14X25G) CO	A	A	A
KLIM 1+ 30X500G CO	A	A	A
BESO DE NEGRA DSPL 4(14X32G) CO	A	C	B
NESCAFE TRADICIÓN DAWN JAR 12X170	A	B	A
FITNESS CEREAL 20X260G N1 XW	A	C	B
KLIM NUTRI-RINDE 32X400G CO	A	A	A
MILO GALLETA ANILLOS 24(12X55G) PR ST CO	A	A	B
NESCAFE TRADICION 25(12X12G) PR 20%	A	A	A
MILO ACTIGEN-E TARRO 12X500G CO	A	C	A
KLIM 1+ PREBIO 1 MIEL 12X400G CO	A	B	A
CHOCAPIC CEREAL 20X250G N2 XW	B	C	B
LA LECHERA GALLETA SWCH 24(12X57G) CO	B	B	B
CHOCAPIC CEREAL CHOC 15(6X30G) CO	B	C	C
LA LECHERA 96X100G CO	B	A	A
KLIM INSTANTANEA 12X400G CO	B	B	B
KLIM 3+ 30X500G CO	B	C	B
GALLETA CAN CAN FRESA SANDWICH 24(12X48G)	B	C	B
TRIX CEREAL 20X230G N2 XW	B	C	C
FITNESS CEREAL 15(6X30G) CO	B	C	C
MILO ACTIGEN-E LATA 12X400G CO	B	B	B
GALLETA CAN CAN CHOCOLATE SANDWICH 24(12X48G)	B	C	B
NESCAFE DOLCA DAWN JAR 12X170G CO	B	B	B
SALTINAS TRIS 24(12X21G) CO	B	B	B
GALLETA CAN CAN VAINILLA SANDWICH24(12X48G)	B	C	C
KLIM FORTIFICADA INSTANTANEA 32X360G CO	B	A	B
NESCAFE 3 IN 1 DISPLAY 6(4X72G) CO	B	C	B
EL RODEO CON HIERRO 30X380G CO	B	A	B
NESTEA DURAZNO DISPLAY 16(10X30G) CO	B	B	B
SALTINAS ORIGINAL 3 TACOS 24X300G CO	B	A	B

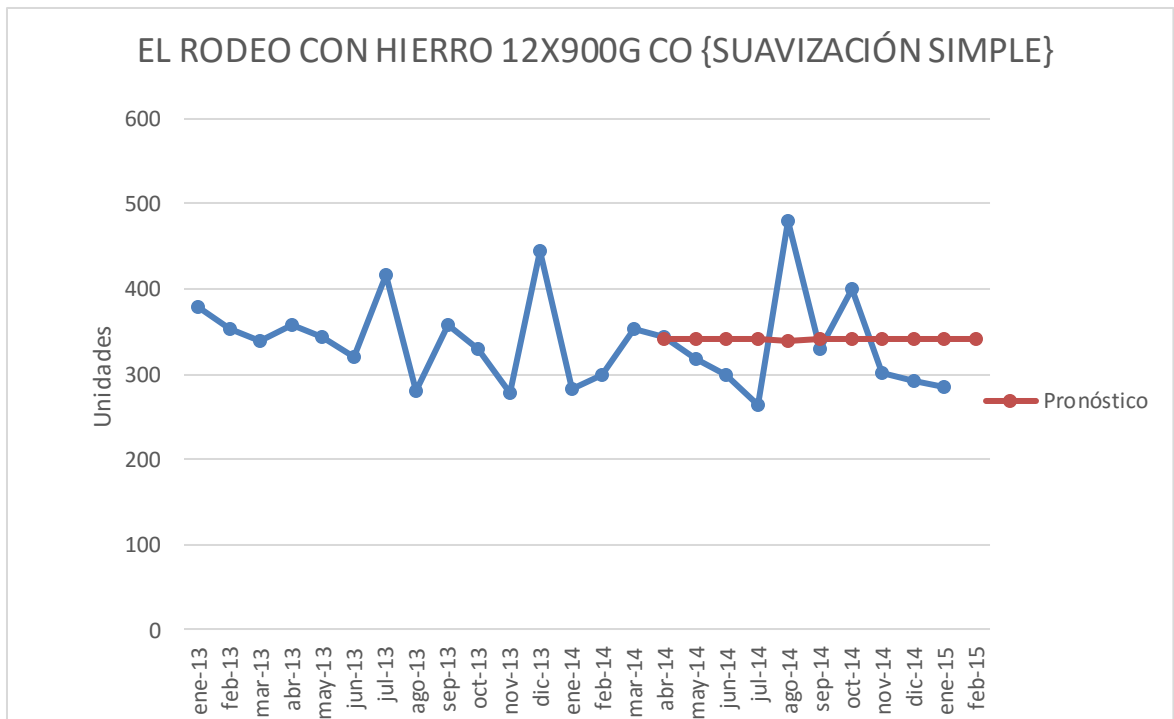
Ítem	Multicriterio	Tradicional	Wan Lung
SALTINAS MANTEQUILLA MITITACO 72X108G CO	B	A	A
MILO GALLETASANDWICH 24(12X55G) PR ST CO	B	B	C
MILO GALLSANDCHOCLEC24(12X36.4G)PRSTKR CO	B	B	B
LA LECHERA SANDWICH 24(12X38G) N1 CO	B	B	B
EL RODEO CON HIERRO 30X418G CO	B	A	B
FITNESS GALL MIEL 24X360G PR 12/9 CO	B	C	C
NESTEA NARANJA DISPLAY 16(10X30G) CO	B	B	C
NESTEA CLASSIC LIMON BOLSA 12X450G CO	B	C	C
NESTUM PROB CI TRIGO Y MIEL 12(8X30G) CO	B	B	C
MILO GALL ANILLOS 24(12X36.4G)PR STKR CO	B	A	B
GATSY CARNE ARROZ Y MAIZ 12X500G N1 CO	B	C	C
D CHOW CCHR RZPN NUTRICISNTEMPRANA=VIDASANA 20X400G	B	B	B
NESCAFE TRADICION STICK 48(24X1.5G) CO	B	A	B
D CHOW CCHR NUTRICISNTEMPRANA=VIDASANA 20X400G	B	B	B
DOG CHOW ADLTS DGSTN SN VIDA SN20X400GCO	B	B	B
MAGGI CG CON ESPECIAS DSMZDO 36X216G CO	B	A	B
COCOSSETTE SANDWICH 24(12X40G) CO	B	C	C
DORE MITITACO 72X117G CO	C	A	B
SALTINAS MANTEQUILLA 3 TACOS 24X324G CO	C	B	C
DOG CHOW ADLTSRZPQNDGSTNSN VDSN20X400GCO	C	B	B
FITNESS GALLETA NUEVA INTG 24(9X26G)CO	C	B	C
MILO NUGGETS 192X20G CO	C	C	C
MAGGI CALDO GALLINA DISPLAY 24X528G CO	C	A	B
NESTLE RICO CALDO CANALETA 24X528G CO	C	A	B
NESTEA CLASSIC DURAZNO BOLSA 12X450G CO	C	C	C
NESTUM BL 5 CEREALES 12X200G N1 CO	C	C	C
NESTLE CORN FLAKES CEREAL 20X200G N2 XW	C	C	C
NESTLE CREMA DE LECHE 30X90G CO	C	A	A
DORE 3 TACOS 24X351G CO	C	C	C
MILO ACTIGEN-E BOLSA CIERRE 48X100G CO	C	A	B
NESTEA. SALPICsN DISPLAY 16(10X30G) CO	C	B	C
MAGGI DOBLE GUSTO CALDO CSTLL 12X360G CO	C	C	C
MILO ACTIGEN-E DOY PACK 16X250G CO	C	C	B
MAGGI CALCSTLL ESPECIAS DSMZDO 36X162GCO	C	B	C
LADRINA SALSA CARNE CON HOGAO 20X400G CO	C	C	C
MILO ACTIGEN-E LATA12X200G CO	C	B	C
EL RODEO CON HIERRO 60X200G CO	C	A	B
LA LECHERA 16X300G CO	C	B	B
LA LECHERA LCA GRANDE 48X395G CO	C	A	B
NESCAFE DOLCA DAWN JAR 18X85G CO	C	C	C
KLIM INSTAN AVN PLUS VAIN PLV 12X140G CO	C	C	B
NESQUIK NUTRB CHOC CIERRE BSA16X200GN1CO	C	C	C
GALLETA FITNESS MITITACO X 150 G	C	B	C
MILO GALL.SANDWICH 24(12X36.4G) PR ST CO	C	C	C

Ítem	Multicriterio	Tradicional	Wan Lung
KLIM INSTAN AVENA CANELA POLVO 12X140GCO	C	C	C
NESTLE CREMA DE LECHE 18X186G CO	C	B	C
LA LECHERA DOY PACK 48X100G	C	B	C
MAGGI BASE SALSA BOLOGNESA 24X50G CO	C	B	C
NESCAFE DOLCA DAWN JAR 24X50G CO	C	C	C
DELICIAS CARNE GULASH SAC 24X45G CO	C	C	C
DEDITOS DISPLAY 4(24X23G) CO	C	B	C
MAGGI JUGOSO HORNO POLLO HIERBAS 20X30G CL	C	C	C
FITNESS GALL AJONJOLI 24X324G PR 12/9 CO	C	C	C
MAGGI SOPA GALLINA CON ARROZ 24X65G N1 CO	C	C	C
NESTLE CREMA DE LECHE 48X295G CO	C	B	C
MAGGI SOPA GOURMET TOMATE 24X76G CO	C	C	C
MAGGI JUGOSO HORNO POLLOMSTZMIEL 20X30GCL	C	C	C
MAGGI SOPA COSTILLA FIDEO 24X65G CO	C	C	C
MAGGI BASE POLLO CRISPY 24X80G CO	C	C	C
MAGGI CREMA GRMT CHMPN SCA 24X72G CO	C	C	C
MAGGI CREMA GRMT PLL CHMPN SAC 24X75G CO	C	C	C
MAGGI CARNE DESMECHADA 24X50G CO	C	C	C
MAGGI CREMA GOURMET POLLO SAC 24X76G CO	C	C	C
MAGGI SOPA DIA SANCOCHO SCA 24X100G CO	C	C	C
NESTOGENO BOLSA X 135 GR	C	A	C
MAGGI CALDO GALLINA 36X88G CO	C	C	C
NESTLE CREMA DE LECHE 48X150G CO	C	B	C
DELICIAS PSTA BECHAMEL SAC 24X50G CO	C	C	C
DELICIAS CHAMPINON POLLO 24X50G CO	C	C	C
MAGGI JUGOSO HORNO POLLOPIMENTsN 20X32G AR	C	C	C
MAGGI JUGOSO HORNO CERDO CRIOLLO 20X32G CL	C	C	C
MAGGI CALDO GALLINA 27X132G N1 CO	C	C	C
MAGGI CREMA POLLO VERDURA 24X72G CO	C	C	C
CAT CHOW ADULTOS ACTIVOS 12X500G N2 CO	C	C	C
MILO CEREAL 20X250G N2 XW	C	C	C
MORENITAS DISPLAY PORC INDV 4(24X19G) CO	C	C	C

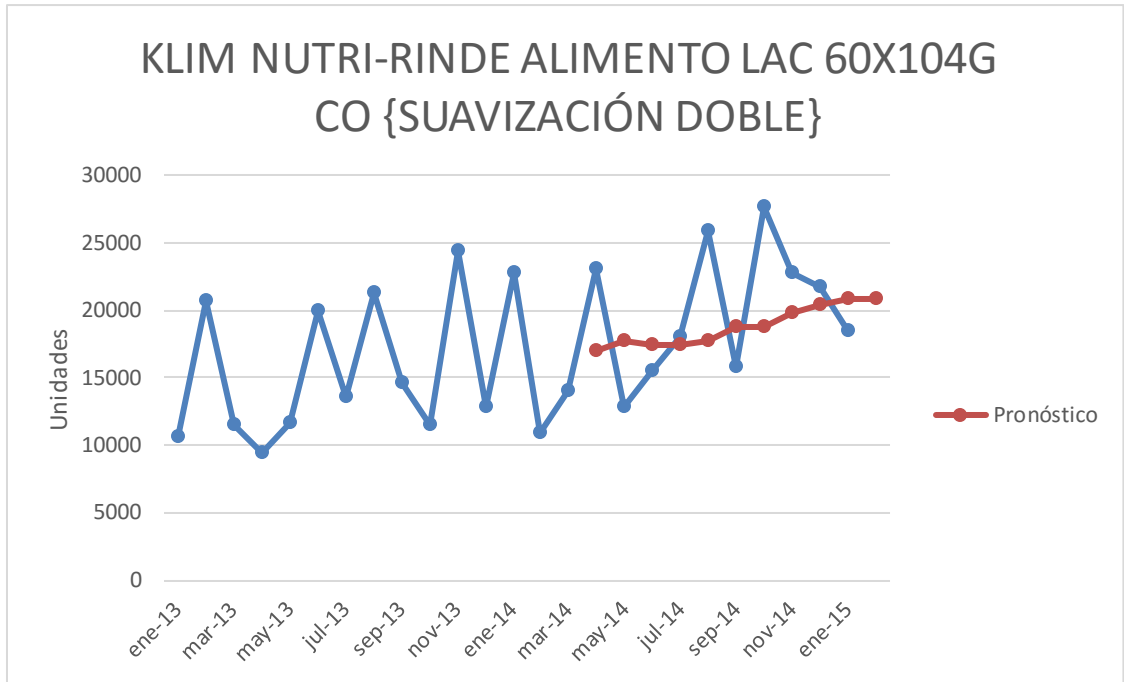
ANEXO C. PRONOSTICO CALDO RICO 8X1.815KG CO.



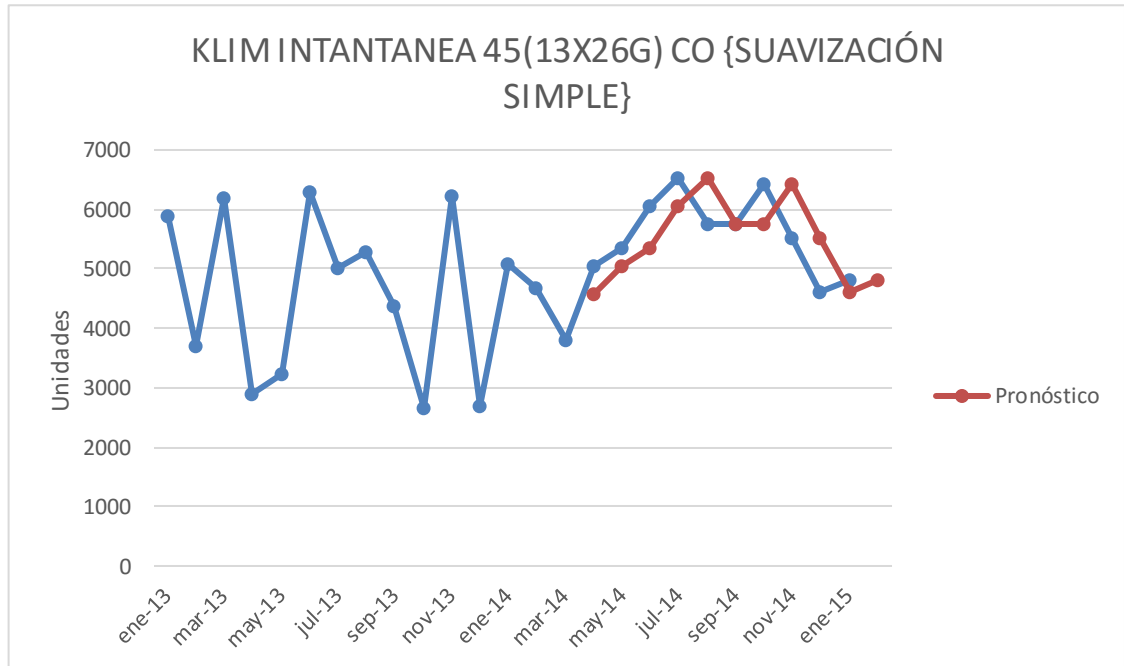
ANEXO B. PRONOSTICO EL RODEO CON HIERRO 12X900G CO.



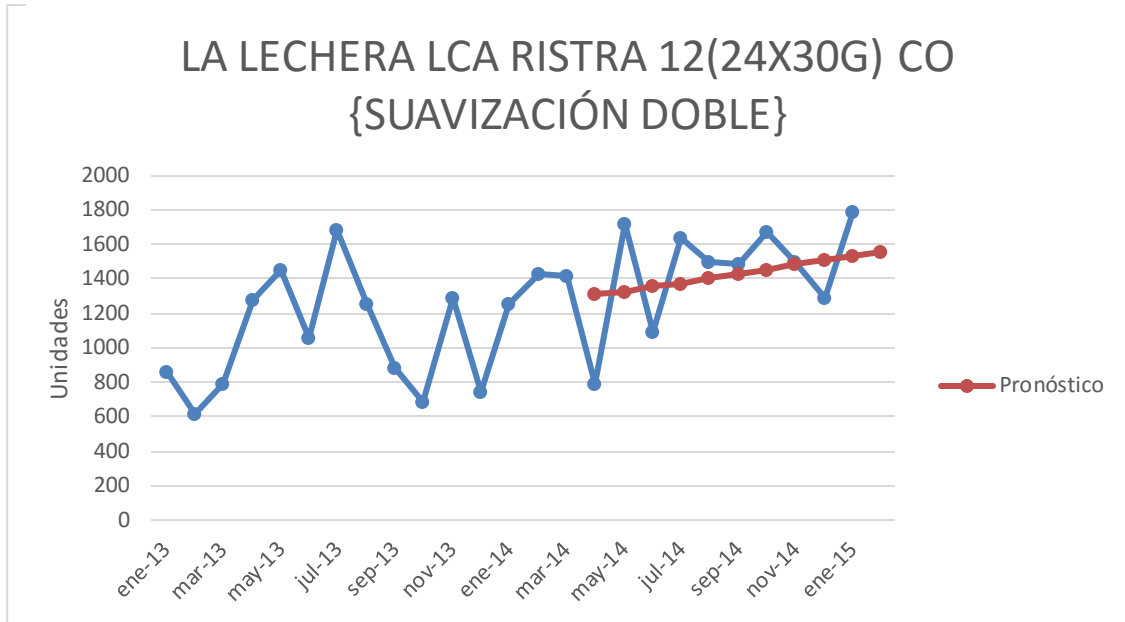
ANEXO E. PRONOSTICO KLIM NUTRÍ-RINDE ALIMENTO LAC 60X104G CO.



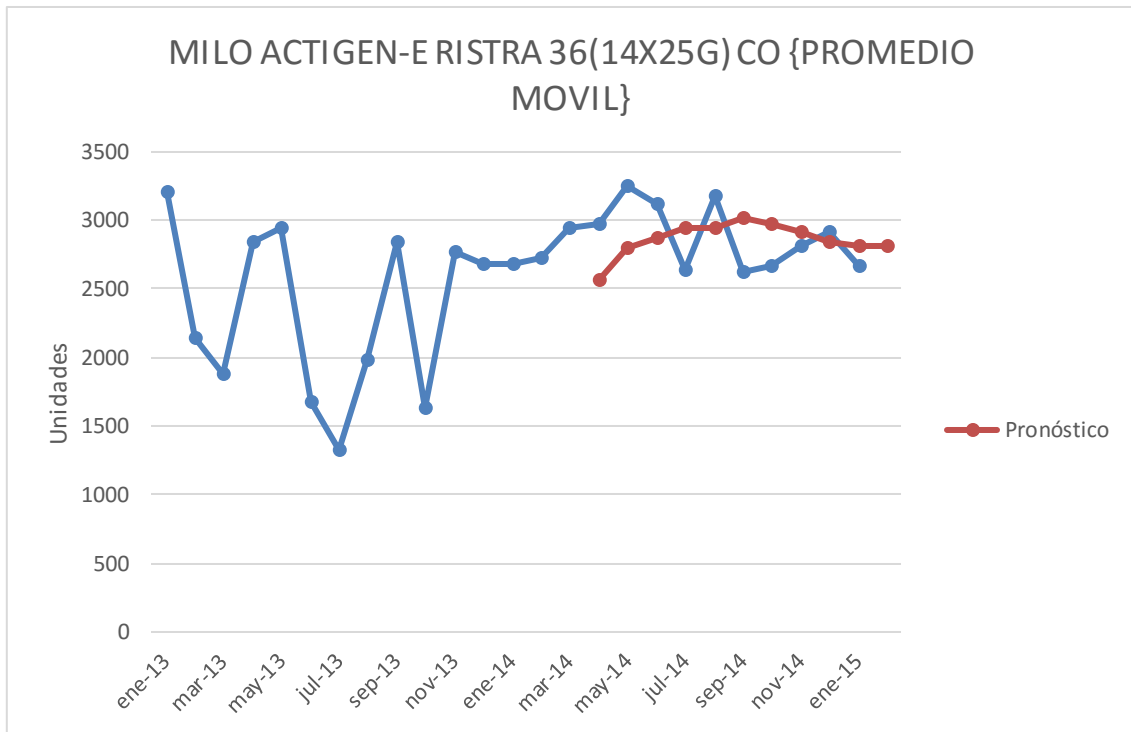
ANEXO D. PRONOSTICO KLIM INSTANTÁNEA 45(13X26G) CO.



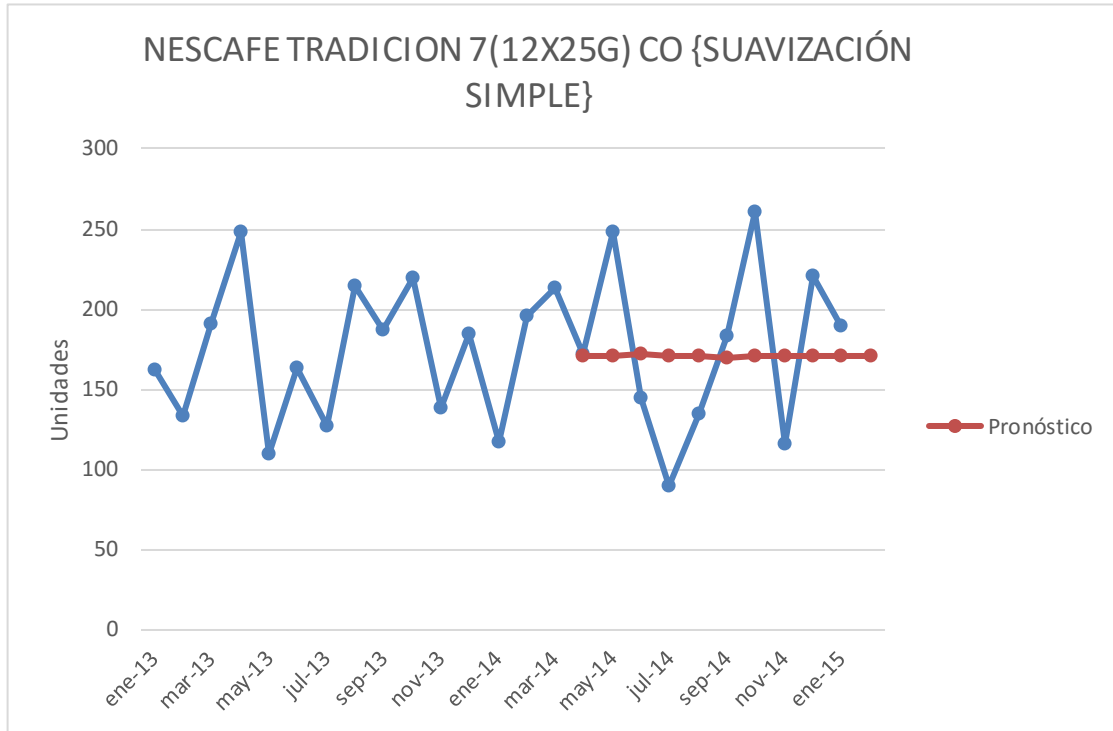
ANEXO G .PRONOSTICO LA LECHERA LCA RISTRA 12(24X30G) CO.



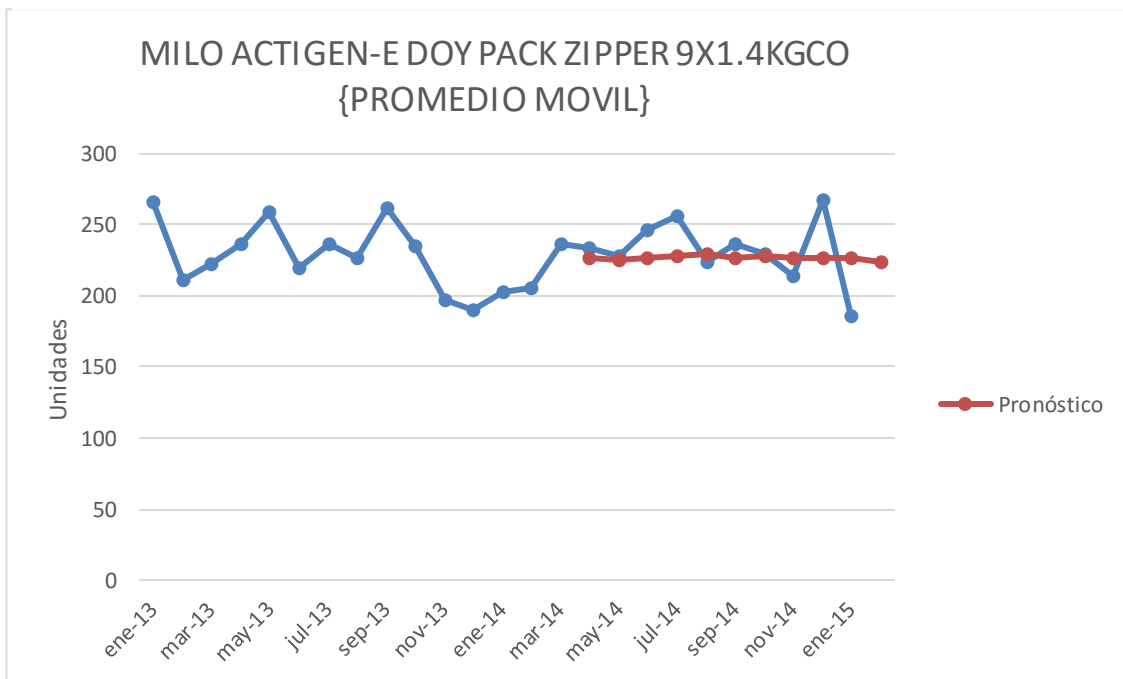
ANEXO F. PRONOSTICO MILO ACTIGEN RISTRA 36(14X25) CO.



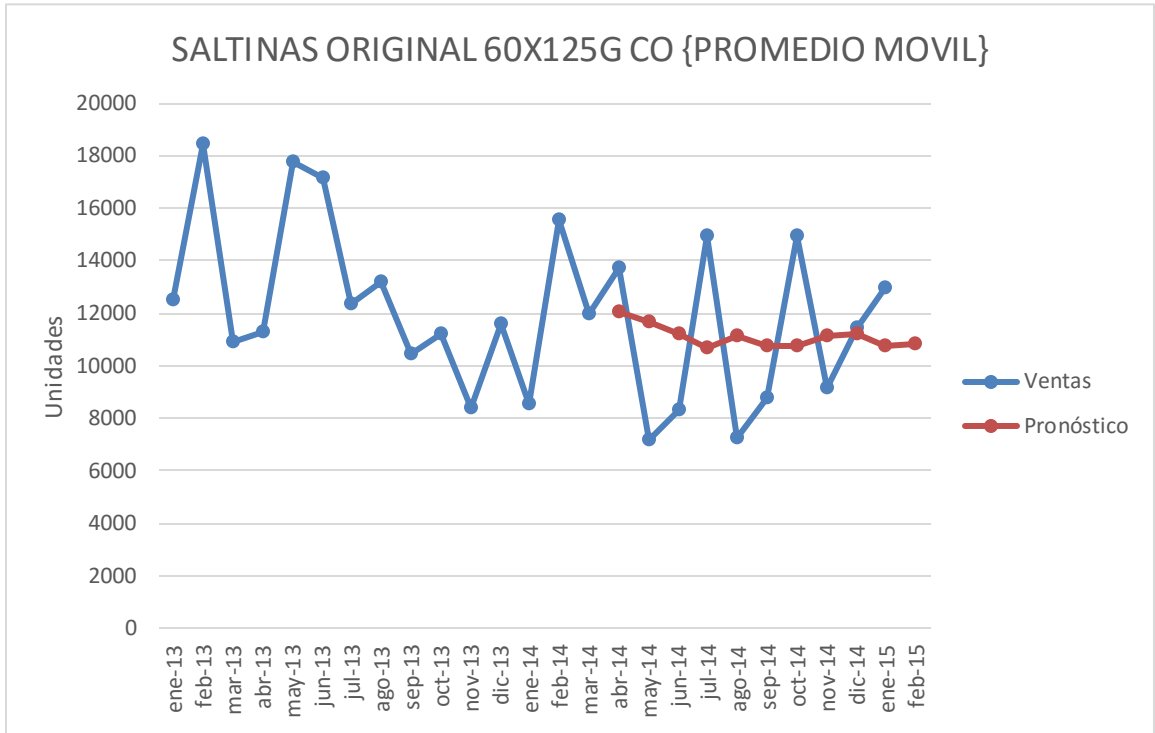
ANEXO I. PRONOSTICO NESCAFE TRADICIÓN 7(12X25G) CO.



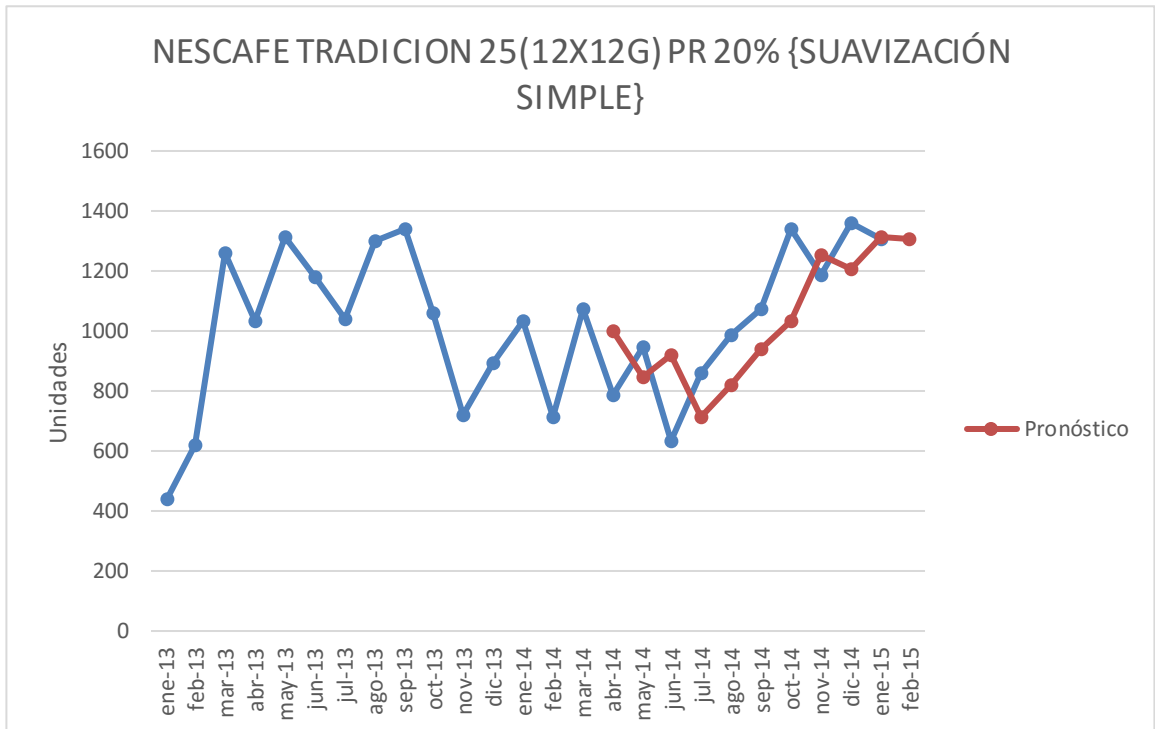
ANEXO H. PRONOSTICO MILO ACTIGEN-E DOY PACK ZIPPER 9X1.4KGCO.



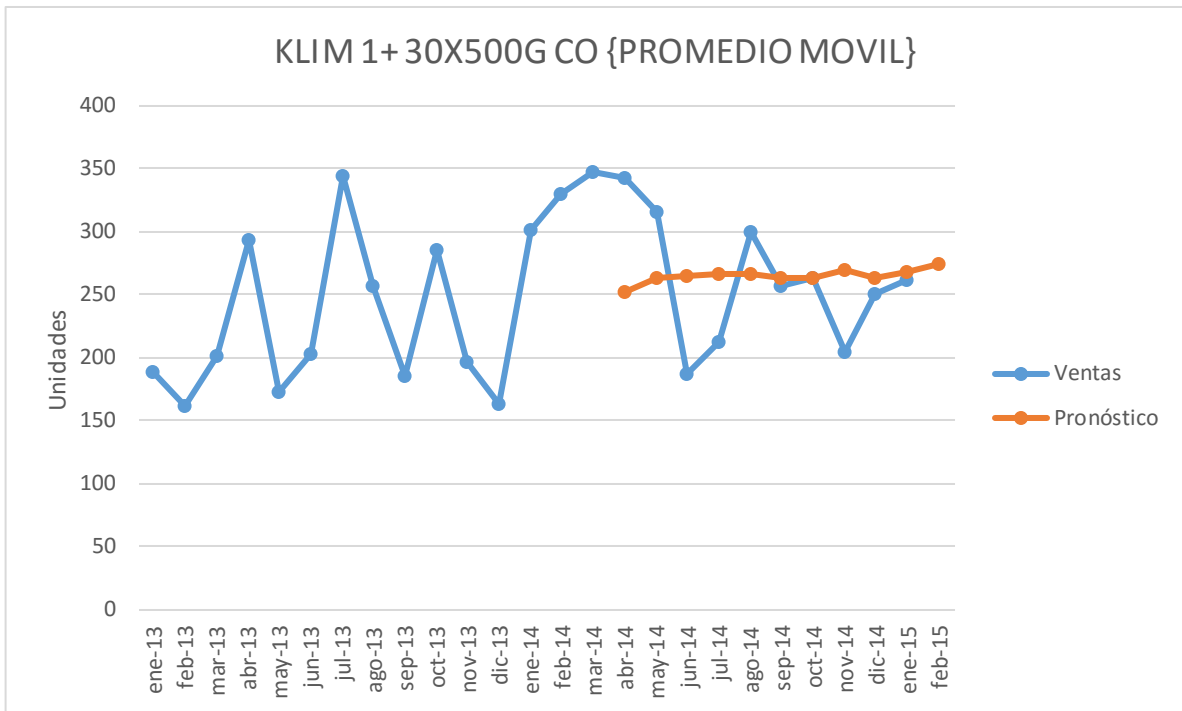
ANEXO K. PRONOSTICO SALTINAS ORIGINAL 60X125G CO.



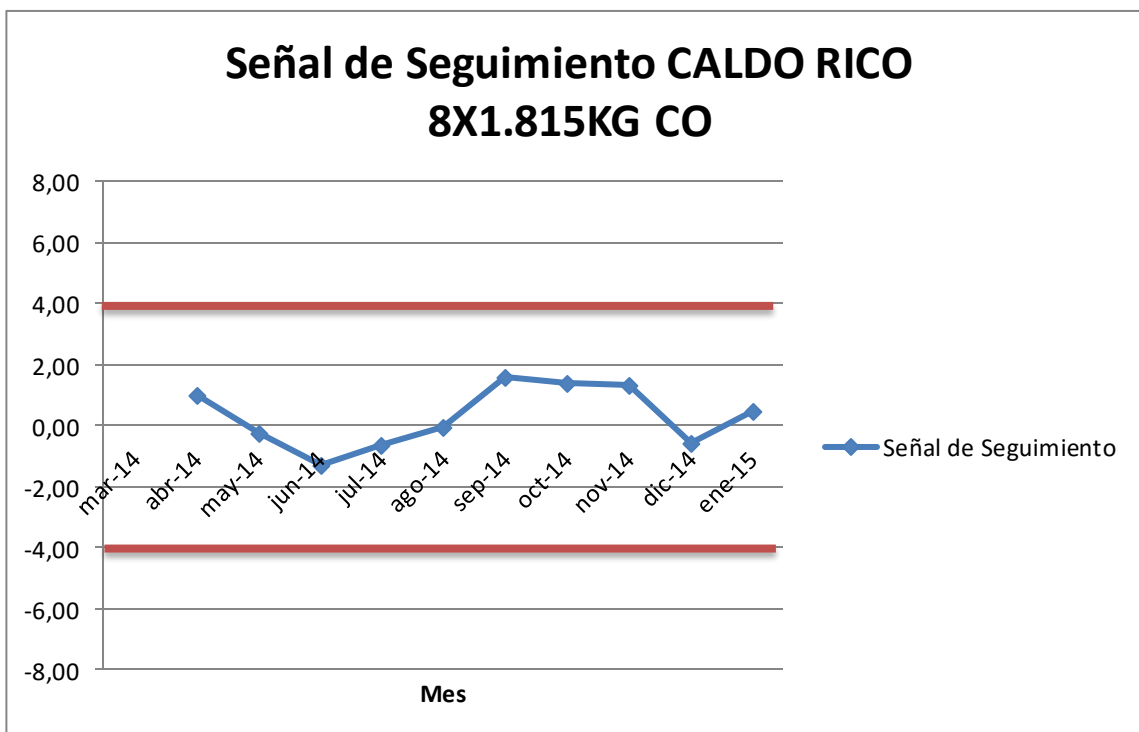
ANEXO J. PRONOSTICO NESCAFE TRADICIÓN 25(12X12G) PR 20%.



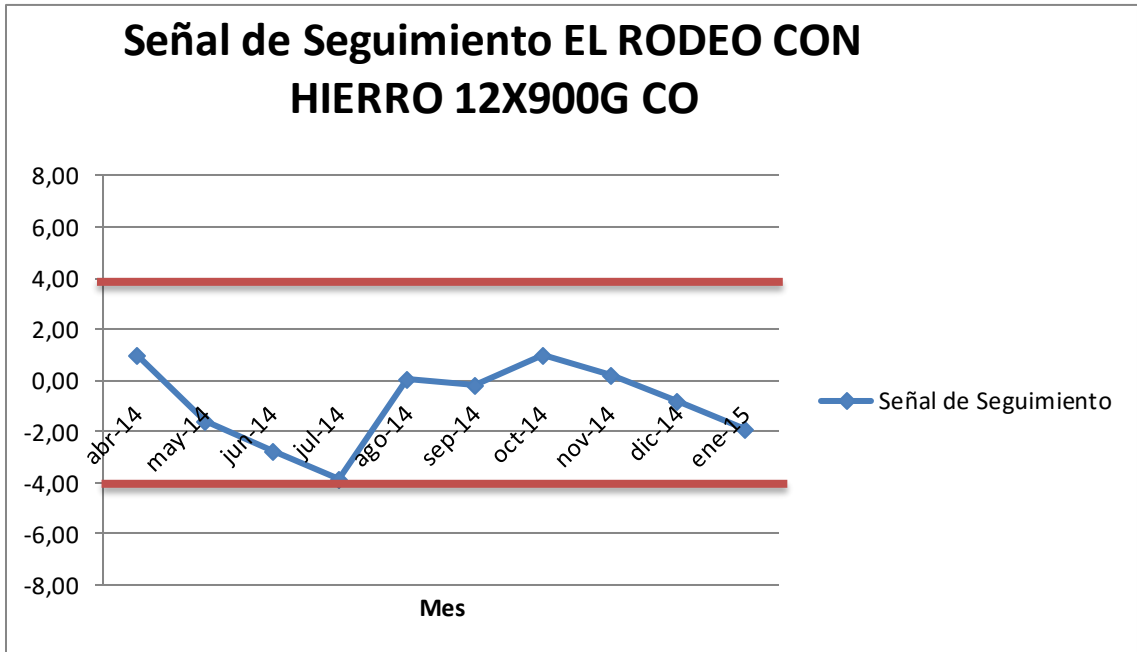
ANEXO M. PRONOSTICO KLIM 1+ 30X500G CO.



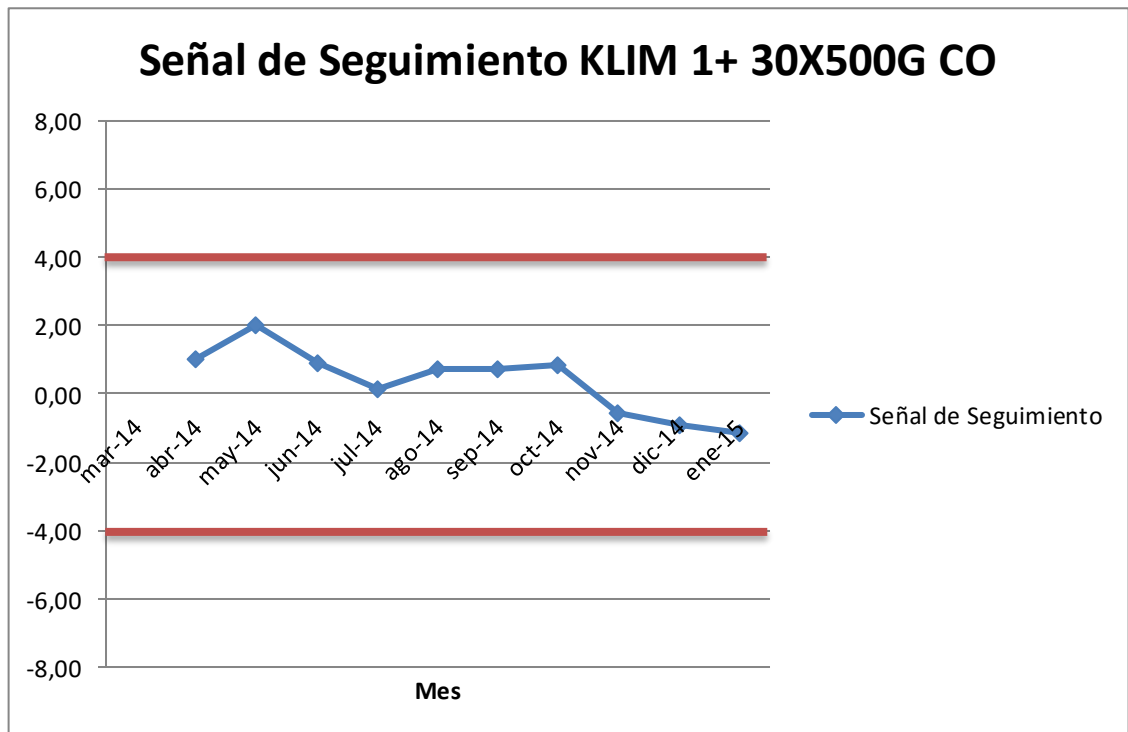
ANEXO L. SEÑAL DE SEGUIMIENTO CALDO RICO 8X1.815KG CO.



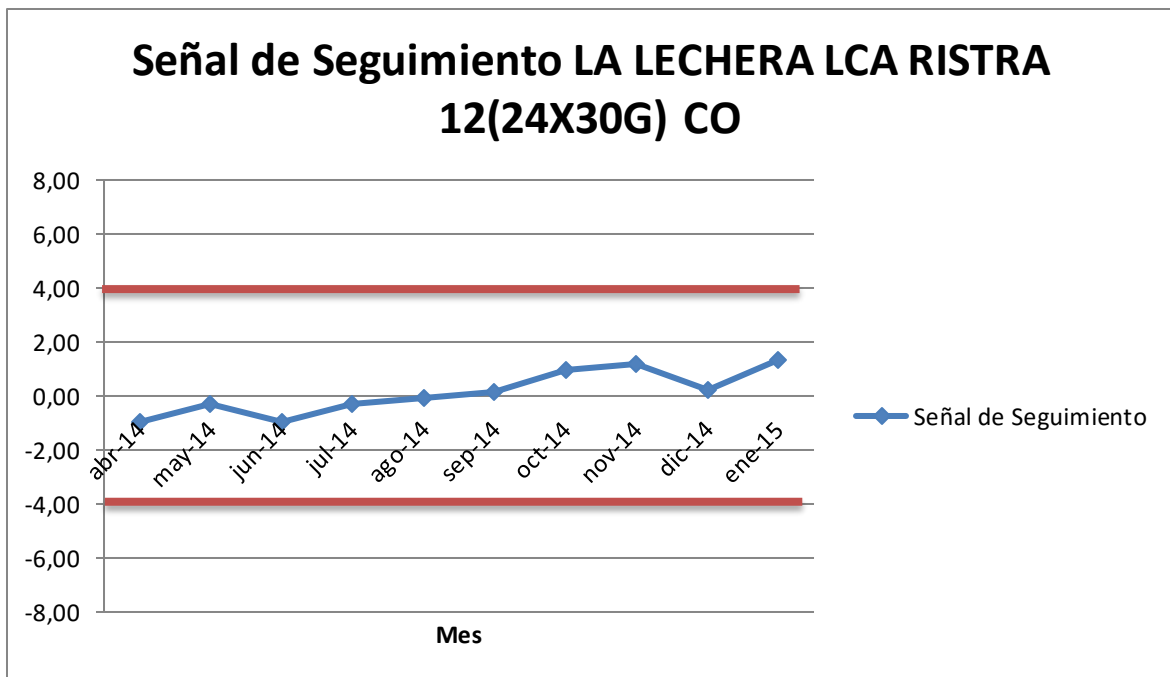
ANEXO O. SEÑAL DE SEGUIMIENTO EL RODEO CON HIERRO 12X900G CO.



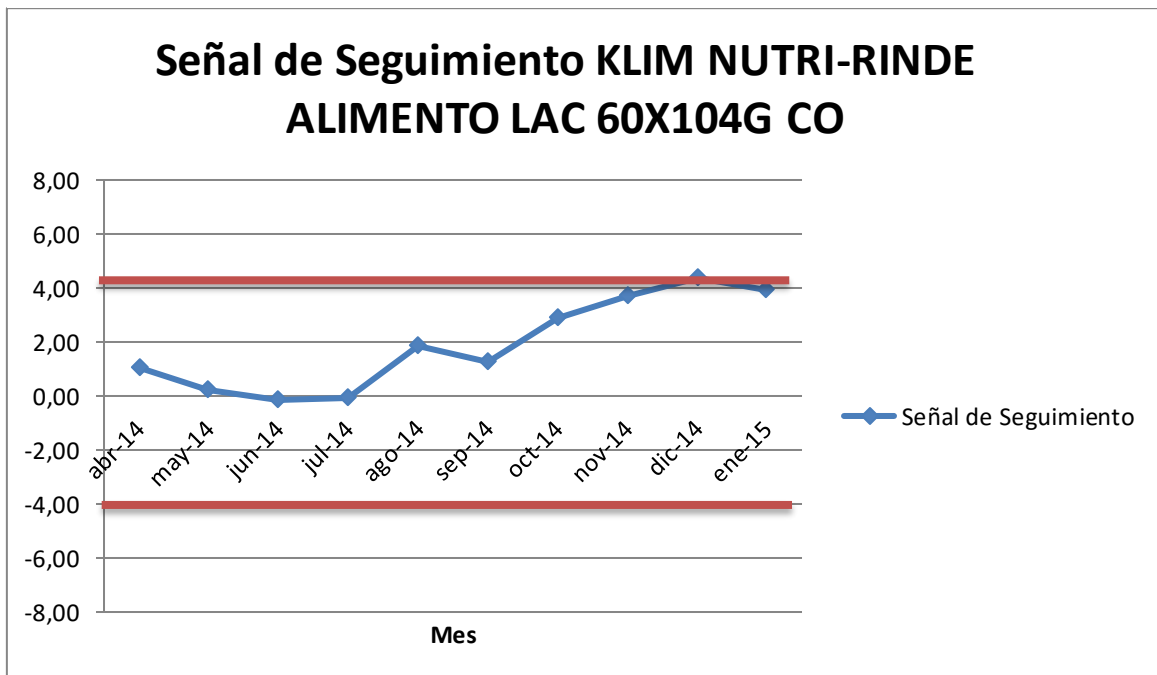
ANEXO N. SEÑAL DE SEGUIMIENTO KLIM 1 + 30X500G CO



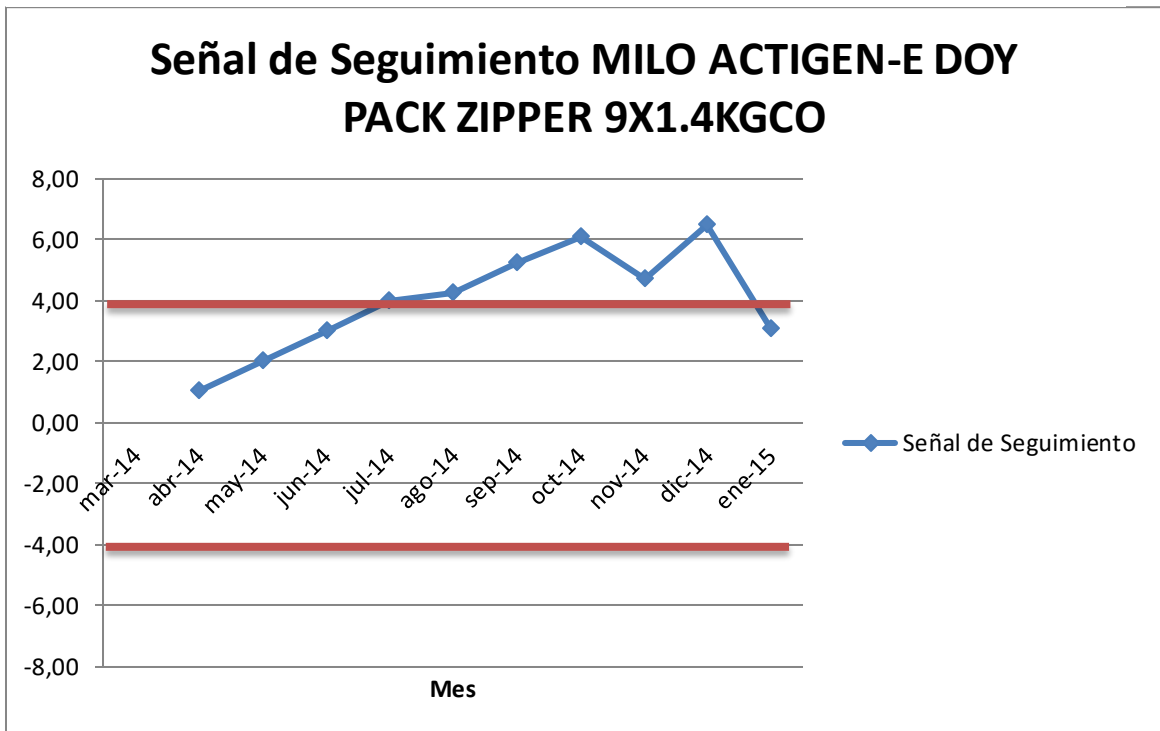
ANEXO P. SEÑAL DE SEGUIMIENTO LA LECHERA LCA RISTRA 12(24X30G).



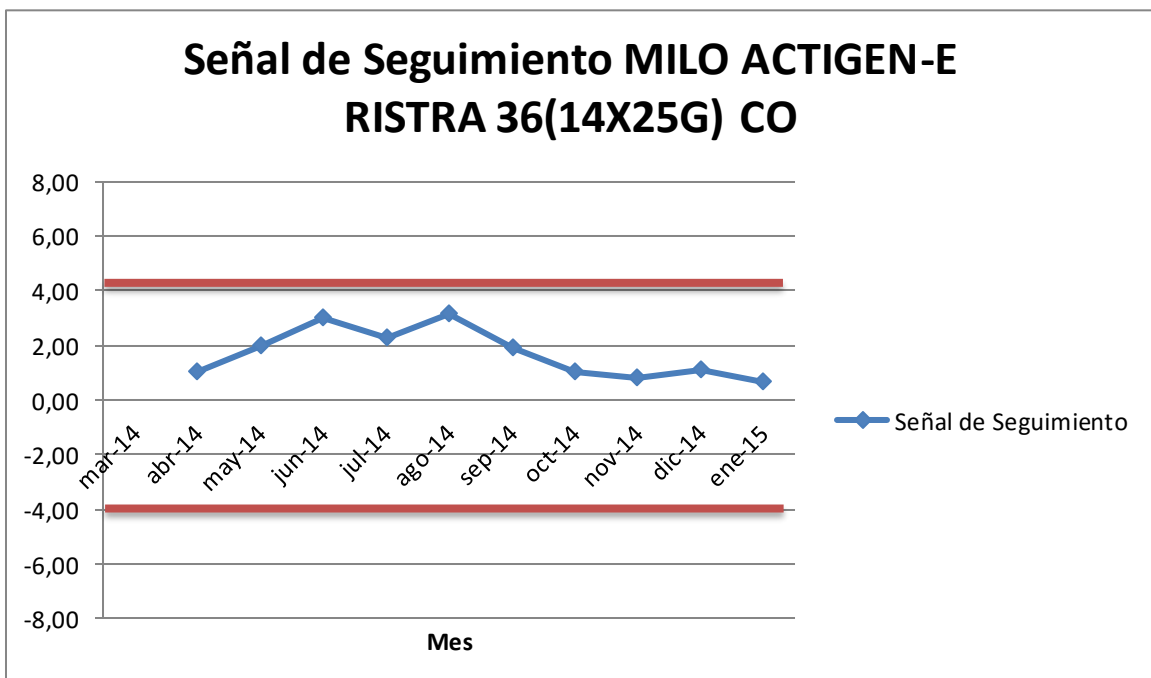
ANEXO Q. SEÑAL DE SEGUIMIENTO KLIM NUTRÍ-RINDE ALIMENTO LAC 60X104G CO.



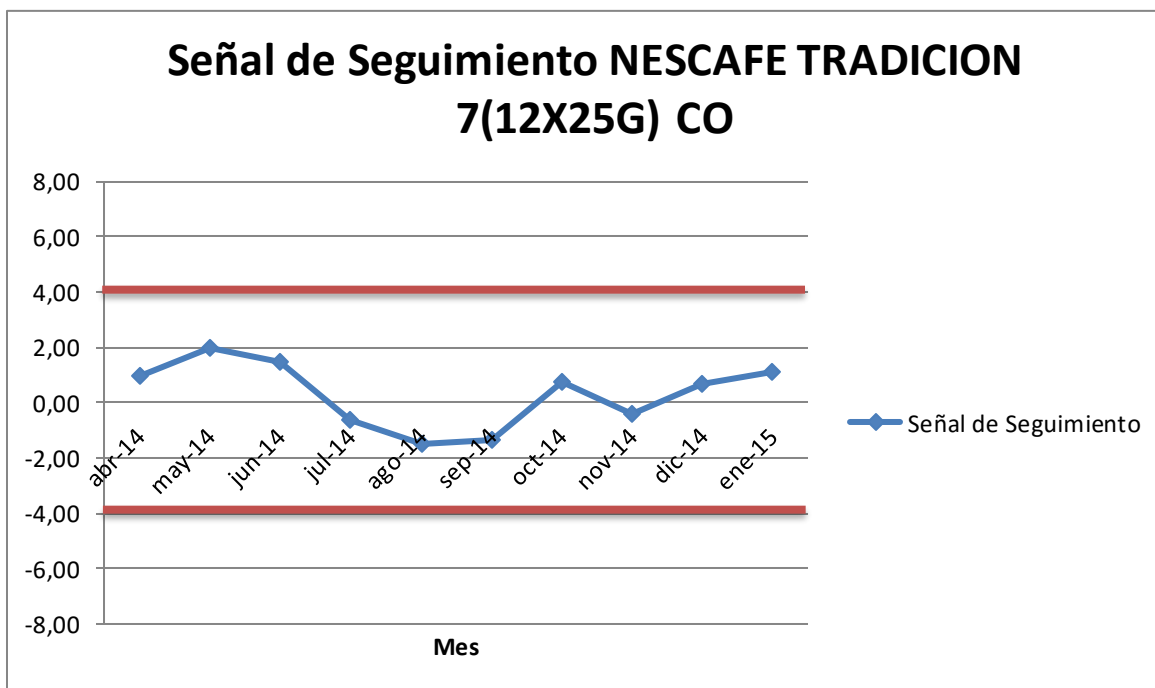
ANEXO R. SEÑAL DE SEGUIMIENTO MILO ACTIGEN-E DOY PACK ZIPPER 9X1.4KGCO.



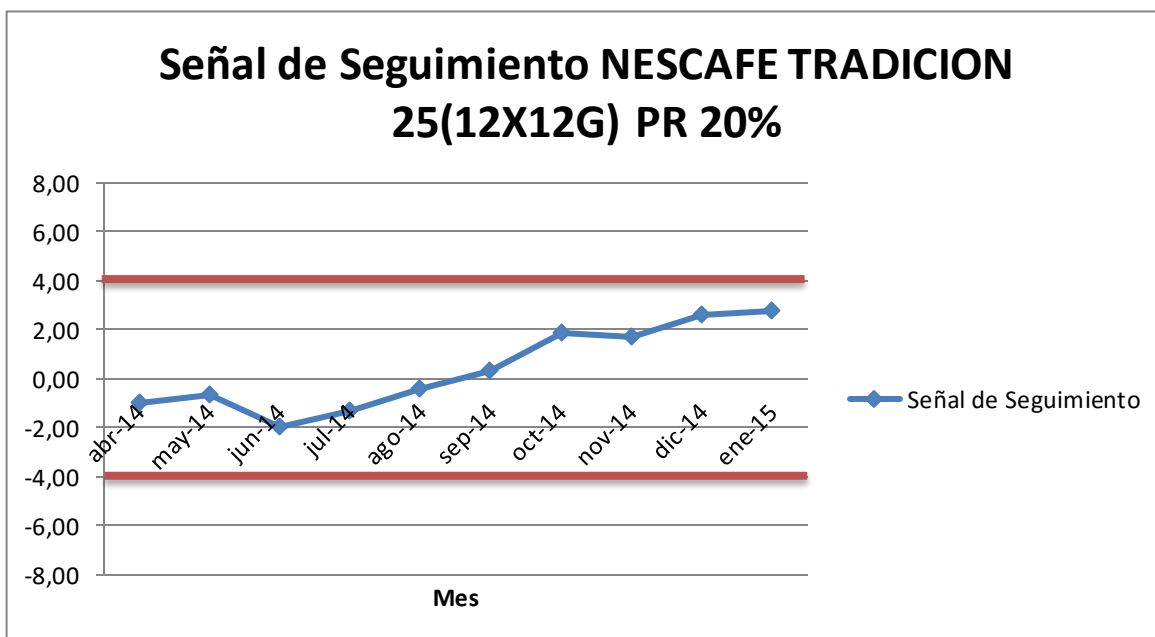
ANEXO S. SEÑAL DE SEGUIMIENTO MILO ACTIGEN-E RISTRA 36(14X25G) CO.



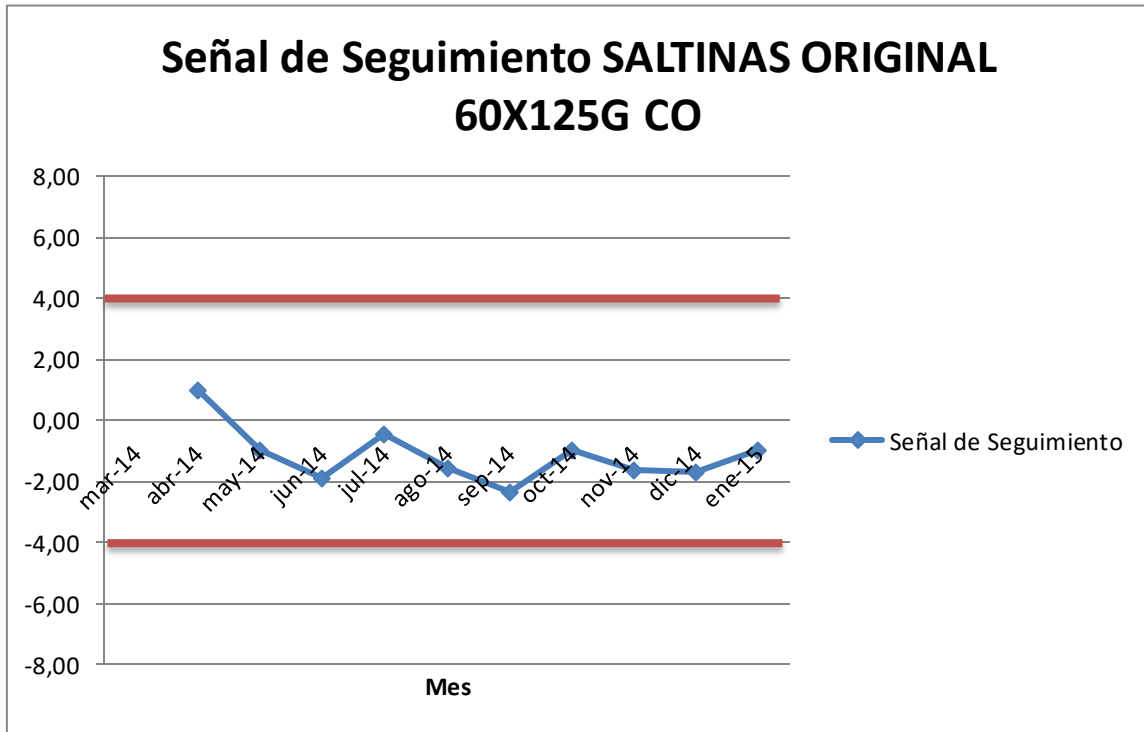
ANEXO U. SEÑAL DE SEGUIMIENTO NESCAFE TRADICIÓN 7(12X25G) CO.



ANEXO T. SEÑAL DE SEGUIMIENTO NESCAFE TRADICIÓN 25(12X12G) PR 20%.



ANEXO V. SEÑAL DE SEGUIMIENTO SALTINAS ORIGINAL 60X125G CO.



ANEXO W. SEÑAL DE SEGUIMIENTO KLIM INSTANTÁNEA 45(13X26G) CO.

