

**DISEÑO IMPLEMENTACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE
INFORMACIÓN PARA GESTIÓN Y MANEJO DE INVENTARIO PARA EL
TALLER DE RUEDAS Y EJES DE LA EMPRESA FENOCO S.A**

**ANDRÉS EDUARDO GÓMEZ IBÁÑEZ
JULIÁN MAURICIO MACÍAS TOLE**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2015

**DISEÑO IMPLEMENTACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE
INFORMACIÓN PARA GESTIÓN Y MANEJO DE INVENTARIO PARA EL
TALLER DE RUEDAS Y EJES DE LA EMPRESA FENOCO S.A**

**ANDRÉS EDUARDO GÓMEZ IBÁÑEZ
JULIÁN MAURICIO MACÍAS TOLE**

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero
Mecánico**

**Director
Ph.D., MSc. CARLOS BORRÁS PINILLA
Ingeniería Mecánica**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2015

DEDICATORIA

Principalmente dedico este trabajo a mis padres Orlando Macías y Sandra Patricia Tole que me brindaron apoyo y fortaleza en el desarrollo y transcurso de este, ayudándome a concluir satisfactoriamente este proyecto.

A Dios por permitirme lograr mis metas, llenándome de bendiciones sabiduría, amor y paciencia y por estar siempre a mi lado.

A mi abuelo Aristóbulo Macías, mi tía Fanny Goretti Macías y mi prima Jessica Alexandra Tierradentro (Q.E.P.D.) y mi abuela Matilde Lozada, por brindarme su apoyo, dándome fortaleza durante este proceso, sirviéndome como una guía y ejempló a seguir.

A mis hermanos Cristian Andrés Macías y Jesús Orlando Macías que siempre me apoyaron y me enseñaron a superar los retos brindándome sus consejos y cariño.

A mis amigos con los que compartí muchas anécdotas e hicieron de todo este tiempo algo inolvidable.

A Anderson Ricardo paredes y Ingrid Solange Sequeda que me acogieron en su hogar como un hijo más y me brindaron su amor y apoyo en los momentos más difíciles.

A mi novia Stephania Trujillo quien me apoyo y alentó para continuar, cuando parecía que me iba a rendir.

A los profesores que nos brindaron su sabiduría en varios campos del conocimiento ayudándonos así en varios aspectos que requerimos para el desarrollo de nuestro proyecto.

Julián Mauricio Macías Tole

DEDICATORIA

A Dios por permitir durante todo este proceso de aprendizaje poder vivir todas las experiencias que tuve y ser esa fuerza que me impulsaba en los momentos más difíciles.

A mis padres Carlos Eduardo Gómez Navarrete y Alba Roció Ibáñez Poveda - quienes con su amor, su apoyo en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi hermana por estar conmigo y apoyarme siempre, la quiero mucho.

A mis amigos que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que hasta ahora, seguimos siendo amigos.

Andrés Eduardo Gómez Ibáñez

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	22
1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	23
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	23
2. JUSTIFICACIÓN	26
3. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO	28
3.1 OBJETIVO GENERAL	28
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	28
4. GENERALIDADES FENOCO S.A.	30
4.1 VISIÓN	31
4.2 MISIÓN	31
4.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DEL TALLER DE EJES Y RUEDAS DE FENOCO S.A.	32
5. DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN ACTUAL Y MANEJO DE INVENTARIO POR PARTE DEL TALLER DE RUEDAS Y EJES DE FENOCO S.A	33
5.1 FUNCIONAMIENTO DEL TALLER DE EJES Y RUEDAS FENOCO S.A.	33
5.1.1 Barrenado de ruedas	34
5.1.2 Empate de ruedas	35
5.1.3 Ensamble de rodamientos	37
5.1.4 Desempate de rodamientos	37
5.1.5 Corte de ruedas	38
5.1.6 Desempate de ruedas	39
5.1.7 Clasificación de ejes	39

5.1.8 Despacho de producto terminado	40
5.2 ANÁLISIS DE PARETO O DIAGRAMA ABC	42
5.3 ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN DEL TALLER DE RUEDAS Y EJES.	43
6. INVENTARIOS Y SUS FUNDAMENTOS	48
6.1 GESTIÓN DE INVENTARIOS	50
6.1.1 Clasificación funcional de los inventarios	52
6.1.1.1 Inventario cíclico	52
6.1.1.2 Inventario de congestión.	53
6.1.1.3 Inventario de seguridad	53
6.1.1.4 Inventario de anticipación	53
6.1.1.5 Inventario en tránsito (o en proceso)	54
6.1.1.6 Inventario de separación	54
6.1.2 Naturaleza e importancia de los inventarios	54
6.1.3 Qué nivel de inventarios mantener	57
6.1.4 Ventajas de mantener inventarios	58
6.1.5 Desventajas de mantener inventarios	59
6.1.6 Rotación de inventarios	59
6.1.7 Concentración de los inventarios en diversas industrias	61
6.1.8 Aspectos que influyen en el diseño de un sistema de administración de inventarios	62
6.1.9 Elementos para toma de decisiones en sistemas de inventarios	64
6.1.9.1 El valor unitario del ítem	64
6.1.9.2 El costo de llevar o mantener el inventario	65
6.1.9.3 El costo de ordenamiento	67
6.1.9.4 El costo de falta de inventario	68
6.1.9.5 Tiempo de reposición (“Lead Time”).	69
6.1.9.6 Tipo y Patrón de demanda.	70
6.1.10 Demanda dependiente e independiente	70
6.1.11 Pronósticos de demanda	73
6.1.12 Análisis de datos históricos y patrones de demanda	77
6.1.13 Sistemas de inventario	79
6.1.14 Modelo de inventario de periodo único	80

6.1.15 Sistema de inventario de varios periodos	82
6.1.16 Modelos de cantidad de pedido fija	85
6.1.17 EOQ (88
6.1.17.1 El concepto del Costo Total Relevante (TRC)	91
6.1.17.2 Derivación del tamaño óptimo de pedido	93
6.1.18 Máximos y mínimos	95
6.1.19 Establecimiento de inventarios de seguridad	96
6.1.20 Modelo de cantidad de pedido fija con inventarios de seguridad	97
6.1.21 Modelos de periodos fijos	99
6.1.22 Modelo de periodos fijos con inventarios de seguridad	100
6.1.23 Modelos de precio descontado	101
6.1.24 Punto de reorden	103
6.2 MRP (PLANIFICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE MATERIAL)	105
6.2.1 Beneficios MRP	107
6.2.2 Resultados MRP	107
6.3 COSTEO ABC	107
6.3.1 Proceso a seguir	109
6.4 APLICACIÓN DE CÓDIGOS SOBRE LOS MATERIALES.	113
6.4.1 El método neumónico	114
6.4.2 El método decimal	114
6.5 INDICADORES DE GESTIÓN	114
6.5.1 Características de los indicadores de gestión	115
6.5.2 ¿Por qué medir y para qué?	115
6.5.3 Atributos de los indicadores y tipos de indicadores	117
6.5.4 Tipos de indicadores	118
6.5.5 Categorías de los indicadores	118
6.5.6 Propósitos y beneficios de los indicadores de gestión	120
6.5.7 Indicadores de servicio.	121
7. SISTEMA DE INFORMACIÓN IMPLEMENTADO EN EL TALLER DE RUEDAS Y EJES DE FENOCO S.A	123
7.1 INGRESO AL SISTEMA	123
7.2 MODULO DE REGISTROS DE INGRESO Y SALIDA DE ELEMENTOS	124

7.3 MODULO DE STOCK.	125
7.4 MODULO DE TRABAJOS	127
7.5 MODULO DE REPORTES Y UTILIDADES	128
8. DISEÑO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN IMPLEMENTADO EN EL TALLER DE RUEDAS Y EJES DE FENOCO S.A	132
8.1 MODULO IO (ORDENES DE ENTRADA Y SALIDA DE STOCK Y SERVICIOS)	134
8.2 MODULO STOCK (CONSULTA Y AJUSTES DE INVENTARIO):	136
8.2.1 Alertas:	136
8.2.2 Kardex agrupado	137
8.2.3 Kardex general	138
8.2.4 Ajustes	139
8.2.5 Resumen de ejes	139
8.3 MODULO SDE (SEGUIMIENTO DE EJES)	141
8.4 MODULO RUS (REPORTES Y UTILIDADES DEL SISTEMA)	147
8.4.1 Lista de piezas	147
8.4.2 Empresas	149
8.4.3 Grupos de piezas	150
8.4.4 Reportes	150
9. MANUAL DE USUARIO	154
9.1 INGRESO AL SISTEMA	154
9.1.1 Ingreso al sistema	154
9.1.2 Registro de usuarios	154
9.1.3 Modificación de perfil de usuario	154
9.1.4 Selección de módulos	154
9.2 MODULO DE REGISTROS DE ENTRADAS Y SALIDAS	154
9.2.1 Consulta de registros	154
9.2.2 Nuevo registro de entrada o salida	154
9.3 MODULO DE STOCK O INVENTARIO	155
9.3.1 Consultas	155
9.3.2 Agregar elementos	155
9.3.3 Eliminar registros	155

9.3.4 Ajustes	155
9.3.5 Generación de graficas	155
9.4 MODULO DE TRABAJOS O SEGUIMIENTO DE EJES	156
9.4.1 Consultas	156
9.4.2 Registro de información	156
9.4.3 Eliminar información	156
9.5 MODULO DE REPORTES Y UTILIDADES DEL SISTEMA	156
9.5.1 Lista de piezas	156
9.5.2 Cálculos	157
9.5.3 Empresas	157
9.5.4 Grupos de piezas	157
9.5.5 Generación de reportes	157
10. PLAN DE MEJORAMIENTO PARA LA GESTION DE INVENTARIOS PARA EL TALLER DE RUEDAS Y EJES DE FENOCO S.A	159
10.1 MODELO DE INVENTARIO	160
11. SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN	167
12. CONCLUSIONES	184
13. RECOMENDACIONES	187
BIBLIOGRAFIA	188
ANEXOS	190

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Nave principal del taller.	23
Figura 2. Taller de Ruedas y Ejes.	24
Figura 3. Estructura organizacional	32
Figura 4. Taller de Ruedas y Ejes	33
Figura 5. Barrenado de ruedas	34
Figura 6. Empate de ruedas	36
Figura 7. Set de ruedas sin rodamiento	36
Figura 8. Corte de ruedas	38
Figura 9. Corte de ruedas	38
Figura 10. Torno convencional, prueba de excentricidad.	39
Figura 11. Set de ruedas armado	41
Figura 12. Diagrama de procesos.	41
Figura 13. Diagrama de procesos.	42
Figura 14. Análisis de Pareto	43
Figura 15. Producción del año 2014	44
Figura 16. Análisis de producción vs demanda Drummond.	45
Figura 17. Análisis de producción vs demanda Prodeco.	45
Figura 18. Porcentaje de producción a terceros año 2014	46
Figura 19. Tipos de Wheel sets producidos año 2014	47
Figura 20. Inventario de la cadena de suministro	48
Figura 21. Ciclo de vida del producto	63
Figura 22. Costo de llevar inventario	67
Figura 23. Matriz de diseño del sistema de control de inventarios.	71
Figura 24. Diversos patrones de demanda.	72
Figura 25. Ambiente común sistema de pronósticos.	75

Figura 26. Costos en un sistema de pronósticos	76
Figura 27. Patrón de demanda perpetúa	77
Figura 28. Patrón de demanda perpetúa	78
Figura 29. Comparación de los sistemas de inventario de cantidad de pedido fija y periodo fijo.	84
Figura 30. Modelo básico de cantidad de pedido fijo.	86
Figura 31. Costos anuales con base en tamaño de pedido.	87
Figura 32. EOQ cantidad económica de pedido.	90
Figura 33. Nivel de inventario para determinar tamaño óptimo de pedido.	92
Figura 34. Costo Total Relevante en función del tamaño de pedido.	94
Figura 35. Planeación de inventario min/max.	95
Figura 36. Modelo de cantidad de pedido fija con inventarios de seguridad.	97
Figura 37. Modelo de inventario de periodo fijo.	100
Figura 38. Curvas para tres modelos de cantidad de pedido independientes.	102
Figura 39. Curva ABC	112
Figura 40. Diagrama de flujo del sistema de información.	131
Figura 41. Ventana de ingreso al sistema.	132
Figura 42. Listado de usuarios.	133
Figura 43. Página de inicio.	134
Figura 44. Módulo de registros de entrada y salida.	135
Figura 45. Ventana de nuevo registro.	136
Figura 46. Pestaña de alertas.	137
Figura 47. Pestaña de kardex agrupado.	138
Figura 48. Pestaña de kardex general.	138
Figura 49. Pestaña de ajustes.	139
Figura 50. Pestaña resumen de ejes.	140
Figura 51. Evolución de inventarió en el tiempo.	140
Figura 52. Formato de clasificación.	141
Figura 53. Formato de Wheel set armados.	142
Figura 54. Formato de clasificación.	142

Figura 55. Formato clasificación.	143
Figura 56. Formato de clasificación.	144
Figura 57. Formato de armado.	145
Figura 58. Formato de armado.	145
Figura 59. Resumen de ejes.	146
Figura 60. Módulo de reportes y utilidades	147
Figura 61. Lista de piezas.	148
Figura 62. Ventana de cálculos.	149
Figura 63. Registro de empresas.	149
Figura 64. Página grupos de piezas.	150
Figura 65. Reporte de clasificación.	151
Figura 66. Reporte de empate de ejes.	152
Figura 67. Reporte de existencias.	153
Figura 68. Simulación ruedas Drummond.	161
Figura 69. Simulación ejes Drummond.	163
Figura 70. Simulación rodamiento Drummond.	164
Figura 71. Simulación ruedas Prodeco.	164
Figura 72. Simulación ejes Prodeco.	165
Figura 73. Simulación rodamiento Prodeco.	165
Figura 74. Registros de entrada y salida de elementos.	167
Figura 75. Kardex agrupado.	168
Figura 76. Kardex agrupado.	168
Figura 77. Ventana de trabajos realizados.	169
Figura 78. Ventana de trabajos realizados.	169
Figura 79. Ventana de registro de ingresó.	170
Figura 80. Ventana de armado.	170
Figura 81. Ventana de armado.	171
Figura 82. Kardex agrupado.	171
Figura 83. Kardex agrupado.	172
Figura 84. Kardex general.	172

Figura 85. Kardex general.	173
Figura 86. Wheel sets armados.	174
Figura 87. Ejes de góndola usados	174
Figura 88. Ruedas nuevas	175
Figura 89. Rodamientos nuevos.	175
Figura 90. Barrenado de ruedas.	176
Figura 91. Reporte de clasificación.	177
Figura 92. Reporte de empates de ejes.	178
Figura 93. Reporte de existencias.	179
Figura 94. Evolución de inventario de ruedas nuevas Drummond.	180
Figura 95. Evolución de inventario de ejes nuevos Drummond.	181
Figura 96. Evolución de inventario de rodamientos nuevos Drummond.	181
Figura 97. Evolución de inventario de ruedas nuevas Prodeco.	182
Figura 98. Evolución de inventario de ejes nuevos Prodeco.	182
Figura 99. Evolución de inventario de rodamientos nuevos Prodeco.	183

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Producción del año 2014	44
Tabla 2. Ejemplo de concentración de inventarios en diversos sectores productivos.	62
Tabla 3. Tipos de sistemas para planeación y control de inventarios.	63
Tabla 4. Matriz producto-proceso.	64
Tabla 5. Componentes del costo de llevar inventario.	67
Tabla 6. Los sistemas de pronósticos y patrón de demanda.	79
Tabla 7. Diferencias entre cantidad de periodo fija y periodo fijo.	83

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Cartas certificación del recibido del proyecto	190
Anexo B. Certificación de práctica empresarial	191

RESUMEN

TITULO: DISEÑO IMPLEMENTACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA GESTIÓN Y MANEJO DE INVENTARIO PARA EL TALLER DE RUEDAS Y EJES DE LA EMPRESA FENOCO S.A^{*}

AUTORES: Andrés Eduardo Gómez Ibáñez
Julián Mauricio Macías Tole^{**}

PALABRAS CLAVES: Gestión de Inventarios, Sistema de Información, Inventario.

DESCRIPCIÓN:

En este trabajo de grado se diseñó un sistema de información que facilita la gestión, manejo y control de inventarios al taller de ruedas y ejes de FENOCO S.A, con el fin de contribuir a mejorar los procesos de manufactura que se realizan garantizando la disponibilidad de material para los mismos y de esta manera aumentar la calidad del servicio prestado a sus clientes.

El sistema de información se desarrolló basado en el inventario de existencias del taller y los procesos que se llevan a cabo dentro del mismo, con esto se contribuye a la disminución de tiempos muertos por falta de material, demoras en la producción, acumulación de material, y pérdidas considerables para la empresa. Anteriormente no se tenía un registro y control sistematizado del inventario ni un registro detallado de la información técnica de los trabajos que se llevan a cabo, por lo tanto en la búsqueda del mejoramiento continuo se hizo la tarea de optimizar dichos procesos que anteriormente eran tediosos, poco confiables.

Al finalizar este proyecto se realizó un sistema de información bastante completo, fácil de manejar el cual cuenta con cuatro módulos los cuales brindan al taller de ruedas y ejes un control total de los elementos inventariados así como también una base de datos para la información de sus trabajos, con el fin de optimizar su capacidad de producción, incrementar la calidad del servicio prestado a los clientes, evitando tiempos muertos y pérdidas innecesarias de dinero.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Director Carlos Borrás Pinilla.

ABSTRACT

TITLE: DESIGN IMPLEMENTATION AND SYSTEMATIZATION OF AN INFORMATION SYSTEM FOR THE MANAGEMENT OF INVENTORIES IN THE WHEEL AND SHAFTS WORKSHOP OF FENOCO S.A^{*}

AUTHORS Andrés Eduardo Gómez Ibáñez
Julián Mauricio Macías Tole^{**}

KEYWORDS: Inventory Management, Information System, inventory.

DESCRIPTION:

In this thesis an information system that facilitates management and inventory control of the wheels and shafts workshop of FENOCO S.A was designed with the purpose of contribute to improve the manufacturing processes performed ensuring availability of material to them and this way increase the quality of services provided to their customers and fulfilling their expectations.

The information system was developed based on inventory of elements in the workshop and processes performed there; this contributes to reduce downtimes due to lack of material, delays in production, material accumulation and significant loss of money for the company because the reductions of the production. Previously they didn't have systematic recording and monitoring of inventory or detailed recording of processes information. Because of this in search of the continuous improvement and this research found a way to optimize those processes that previously were tedious and unreliable.

A complete and simple information system was developed at the end of this project. This system has four modules that gives a complete inventory control and a database to the manufacturing processes information with the purpose of optimize the production capacity, increase the quality of the service provide to customers, avoiding downtimes and unnecessary loss of money.

^{*} Trabajo de Grado

^{**} Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Director Carlos Borrás Pinilla.

INTRODUCCIÓN

Con el transcurso del tiempo, la tecnología avanza y la sociedad siente la necesidad de adquirir y mejorar las actividades o tareas que se realizan para su beneficio, al garantizar una alta efectividad en el manejo de tiempos en el mantenimiento de equipos dentro de las empresa, reduciendo tiempos muertos en sus plantas, implementando lo dicho se vuelven más competitivas respecto a las demás, es por ello que la gestión de inventarios, representa una de las soluciones a los problemas de la administración de cualquier empresa. Tomando esto como fundamento inicial, se indago en la empresa FENOCO S.A sobre el manejo de sus inventarios y el aprovechamiento de recursos en cada una de sus áreas en particular en taller de ruedas y ejes.

Este proyecto se realizó con la premisa, de identificar el modelo que ayude a la empresa a cambiar la metodología en la administración de los inventarios, por lo que se buscaron las dificultades presentadas por la empresa en general y así medir el impacto de estas dificultades en el manejo de los inventarios, de manera que se pueda tener un punto de referencia del antes y el después de la implementación de las soluciones que se planteen para crear una metodología diferente en el manejo de estos.

Una vez identificada las dificultades con las que se mueve actualmente la empresa FENOCO S.A, fue necesaria la búsqueda de un modelo óptimo de inventarios que se ajustara a las condiciones reales y se concluyó que el diseño de una herramienta para la gestión de los inventarios le sería de gran ayuda.

1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

FENOCO S.A. es una empresa colombiana que tiene a su cargo la administración de la concesión de la vía férrea en el norte de Colombia lo cual hace posible la operación en los 226 Kilómetros que están bajo su cuidado. Es responsable de la adecuación, y mantenimiento de la infraestructura férrea. Del mismo modo, ofrece a sus clientes servicios de reparación y mantenimiento tanto de locomotoras como vagones.

El taller de material rodante de FENOCO S.A. se ocupa de labores de mantenimiento y reconstrucción de Vagones (Góndolas, Tolvas y plataformas) propios de la empresa y de terceros como DRUMMOND, PRODECO Y CNR.

Figura 1. Nave principal del taller.



Fuente: FENOCO S.A.

El área de Ruedas y ejes se ocupa de procesos de maquinado como corte, barrenado, torneado y rectificado de ruedas; torneado, prueba de excentricidad de ejes y su clasificación así como también del empate y desempate de ejes con sus respectivas ruedas y rodamientos.

Figura 2. Taller de Ruedas y Ejes.



Fuente: FENOCO S.A.

Los tipos de Mantenimiento realizados en el taller de material rodante son es en su gran mayoría de tipo correctivo como Reparación por accidente y Corrección de averías determinado por el personal de seguridad férrea así como también procedimientos de tipo preventivo denominados y estandarizados por la empresa como RL (reparación ligera), R1 y R2.

Las actividades de mantenimiento de vehículos férreos están regidas por las normas de la AAR (Association of American Railroads) y se cuenta con documentación que respalda los procesos de mantenimiento así como también un registro de entrada y salida de unidades reparadas. Sin embargo actualmente presenta falencias debido a que no se cuenta con un programa de gestión de mantenimiento correctivo el cual facilite el manejo de información tal como hojas

de vida de las unidades reparadas, fichas técnicas, repuestas y consumibles utilizadas, cronograma de actividades y demás información referente a las reparaciones efectuadas.

El área de mayor producción y constante flujo de entrada y salida de material es el taller de ruedas y ejes el cual no cuenta con un sistema de información detallado ni actualizado que facilite el inventario, descripción y clasificación de existencias así como también el registro de entrada y salida de elementos de las empresas terceros a las cuales se les realizan trabajos y mucho menos la trazabilidad de dicha información. Debido a la falta de este sistema se presenta dificultad en el registro, manejo y verificación de la información referente a los trabajos realizados en el taller de ruedas y ejes tales como, barrenado, empate y desempate de ruedas, rodamientos, clasificación etc., lo cual en ocasiones genera inconsistencias entre las existencias y la información registrada, retrasando la producción, generando costos más altos y disminuyendo las utilidades recibidas por trabajos.

2. JUSTIFICACIÓN

La escasez de información acerca del registro de reparaciones, la dificultad para la verificación y manejo de la misma; la ausencia de un sistema de inventario detallado y actualizado de existencias, la no planeación del trabajo, lo cual se ve reflejado en la disminución de la producción y un incremento de los costos, la necesidad de aumentar la calidad de sus servicios para ser competitivos hacen evidente a FENOCO S.A., la necesidad de implementar un programa de gestión y manejo de inventarios en el taller de ejes y ruedas, que permitan aumentar la producción y las utilidades así como también cumplir con las expectativas de grandes clientes como: DRUMMOND, PRODECO, Y CNR.

Los inventarios son un factor fundamental en el desarrollo de la actividad económica de una empresa a través de este es posible determinar en gran parte la eficiencia y rentabilidad de un negocio.

Actualmente, las empresas necesitan contar con un buen sistema de control de inventarios, ya que el creciente mercado exige un control máximo de la información. Este tipo de controles permiten aumentar su competitividad frente a otras empresas mediante la reducción de tiempo de producción, reducción en los costos empleados en la prestación del servicio lo cual permite mejorar la imagen de la empresa y estar a la vanguardia del mercado.

Para lograr esto es indispensable contar con una información veraz, la cual refleje detalladamente todas las operaciones de la empresa, y de esta manera fijar y alcanzar unos objetivos realistas y optimizados, lo que finalmente generen como resultado mayor rendimiento a cada uno de los clientes.

La implementación sistematizada de un plan de gestión y manejo de inventario es fundamental para mejorar la competitividad ya que de este modo se contara con un sistema de información que permita elaborar un inventario detallado y actualizado de existencias, con registro de entrada y salida de elementos, un seguimiento rutinario donde se lleve constancia de los trabajos realizados, los elementos y consumibles utilizados así como también elaborar una planeación de trabajos a realizar según la demanda de los clientes, garantizando la veracidad de la información y de esta manera servir como herramienta clave para la toma de decisiones administrativas de la empresa.

3. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO

3.1 OBJETIVO GENERAL

Contribuir con la misión de la Universidad Industrial de Santander fortaleciendo la relación con la industria mediante el aporte de diseñar, implementar y sistematizar un sistema de gestión y manejo de inventario para el taller de ruedas y ejes de la empresa ferroviaria FENOCO S.A en la ciudad de Santa Marta Magdalena.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un diagnóstico de la gestión actual y manejo de inventario por parte del taller de Ruedas y Ejes de FENOCO S.A. mediante la técnica ABC (o análisis de Pareto) y un análisis de la producción.
- Desarrollar un sistema de información para el control y administración de inventarios del taller de ruedas y ejes de FENOCO S.A, basados en la técnica de inventarios Min-Max.
- Diseño de un programa de gestión y manejo de inventario en Visual Basic for application a través de Microsoft Access 2007-2013 con base de datos SQL compatible con SQL server y MySQL para la sistematización de la gestión de inventario del Taller de Ruedas y Ejes en FENOCO S.A.
- Realizar un manual con el fin de orientar al personal encargado del manejo de la información referente al sistema de información del taller de Ruedas y Ejes de FENOCO S.A. para un uso adecuado y eficiente.

- Establecer un plan de mejoramiento para la gestión de inventarios para el taller de ruedas y ejes de FENOCO S.A.

4. GENERALIDADES FENOCO S.A.

Con la adjudicación de la concesión de la línea férrea del Atlántico –que une a Bogotá D.C. con Santa Marta- a FENOCO S.A., en 1999, se abrió un nuevo capítulo en la historia ferroviaria del país.

Esta fecha marcó el inicio del proceso de rehabilitación de una de las redes de trocha angosta más dinámicas y más extensas del mundo.

El tren fue protagonista del comercio exterior y por ende del desarrollo de la economía colombiana entre 1954 y 1988. Una década más tarde se decide reactivar el uso de este medio de transporte, lo que trajo consigo la prestación de servicios de transporte de carga a distintos usuarios.

El transporte ferroviario se ha consolidado en el norte de Colombia como uno de los medios más seguros y eficientes. Su importancia para la competitividad del país en el ámbito de la globalización es de tal magnitud que por este motivo el Gobierno nacional decide la ampliación de la capacidad de la línea entre los tramos de Chriguaná y Puerto Drummond.

FENOCO S.A. es una empresa colombiana que tiene a su cargo la administración de la concesión de la vía férrea en el norte de Colombia lo cual hace posible la operación en los 226 Kilómetros que están bajo su cuidado. Es responsable de la adecuación, y mantenimiento de la infraestructura férrea. Del mismo modo, ofrece a sus clientes servicios de reparación y mantenimiento tanto de locomotoras como vagones.

La gestión de la empresa, FENOCO S.A., hace posible la operación férrea en los 226 Kilómetros que están bajo su cuidado.

4.1 VISIÓN

FENOCO S.A. es una empresa colombiana que tiene a su cargo la administración de la concesión de la vía férrea en el norte de Colombia.

Poseemos la capacidad y tecnología para ofrecer a nuestros clientes servicios de reparación, mantenimientos de locomotoras y vagones, con las mejores soluciones integrales del mercado con un sello distintivo.

El sello FENOCO S.A se basa en tener una relación con nuestros clientes más allá del trabajo en sí, donde en un ambiente de respeto, excelencia y valoración de las personas, entreguemos una solución integral, colmando las expectativas de nuestros clientes.

Somos responsables de la adecuación, y mantenimiento de la infraestructura férrea, y de velar por la armonía de nuestras actividades con el entorno.

La gestión de nuestra empresa, FENOCO S.A., hace posible la operación férrea en los 226 Kilómetros que están bajo nuestro cuidado.

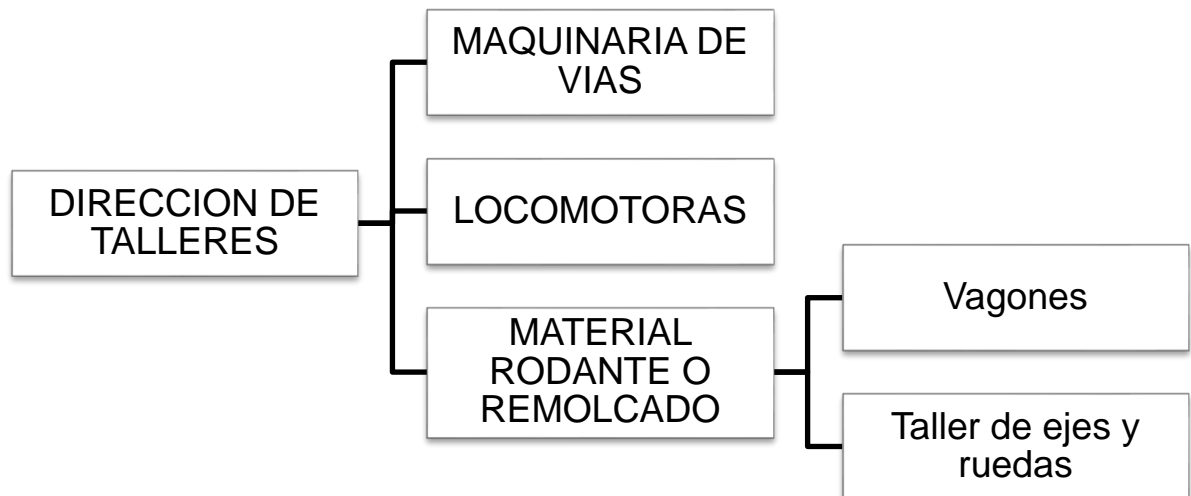
4.2 MISIÓN

Nuestra misión es mantener el liderazgo en el sector de mejora en vías férreas entregando a nuestros clientes un servicio de excelencia, seriedad a toda prueba, calidad, proporcionando constantemente innovación y eficiencia, para obtener el

resultado esperado por nuestros accionistas y una relación de largo plazo con nuestros clientes, en un ambiente de reconocimiento de nuestro personal, motivando y proporcionando las posibilidades de crecimiento profesional y humano. Así como un trabajo en armonía y respeto con nuestro medio ambiente.

4.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DEL TALLER DE EJES Y RUEDAS DE FENOCO S.A.

Figura 3. Estructura organizacional



Fuente: FENOCO S.A.

5. DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN ACTUAL Y MANEJO DE INVENTARIO POR PARTE DEL TALLER DE RUEDAS Y EJES DE FENOCO S.A

5.1 FUNCIONAMIENTO DEL TALLER DE EJES Y RUEDAS FENOCO S.A.

El taller de ruedas y ejes de FENOCO S.A., está encargado de la conformación, producción y despacho de sets de ruedas o Wheel sets; para vagones y locomotoras, prestando este servicio a las empresas carboneras Drummond y Prodeco, quienes son nuestros mismos proveedores y clientes, estos nos suministran la materia prima para la elaboración de sus pedidos. Los Wheel sets producidos en este taller son parte fundamental del mantenimiento preventivo realizado para dichas carboneras.

Figura 4. Taller de Ruedas y Ejes



Fuente: FENOCO S.A.

En la elaboración de los Wheel sets mencionados anteriormente, están involucrados principalmente el proceso de maquinado y prensado, regidos por las normas AAR (American Association of Railroads) los cuales se explicaran a continuación:

5.1.1 Barrenado de ruedas Este proceso consiste en un barrenado o maquinado interior de la rueda con un taladro vertical. Se realiza con el fin de garantizar el ajuste óptimo entre la rueda y el eje, estipulado en las normas AAR. El ajuste debe ser de 1 milésima de pulgada por cada pulgada de diámetro que tenga el eje en el asiento de la rueda.

Figura 5. Barrenado de ruedas



Fuente: FENOCO S.A.

El operario realiza la medición del diámetro del eje en la zona del asiento de la rueda con un micrómetro para exteriores. Para seleccionar las ruedas correspondiente se toma como referencia el diámetro ya medido. Este proceso se realiza de manera independiente en los dos extremos del eje para garantizar el ajuste en ambas ruedas.

El barrenado de la rueda se lleva a cabo realizando varios cortes, desbaste, acabado y biselado. Durante el proceso el operario con un micrómetro de interiores verifica que se alcance el diámetro deseado.

En caso de que el eje presente daños como rasgaduras en el área del asiento de la rueda, el eje debe ser maquinado en un torno convencional para corregir dichas fallas y así obtener una superficie óptima del asiento de la rueda. La medición del diámetro para el barrenado se realiza después de maquinado el eje.

Este proceso tarda aproximadamente 30 minutos por rueda, sin embargo se deben tener en cuenta las demoras por la utilización del puente grúa del taller, ya que es el encargado de mover los materiales para todas las máquinas como el tiempo perdido en la recolección y traslado de la viruta al lugar de almacenamiento. Se barrenan en promedio 14 ruedas por día.

5.1.2 Empate de ruedas Consiste básicamente en un proceso de prensado en el cual el operario introduce las ruedas previamente barrenadas en cada extremo del eje. Para reducir la fricción, se utiliza aceite WD-40 para lubricar la superficie del eje, el asiento de la rueda y en su interior.

Según las normas AAR la fuerza necesaria para el ensamble de cada una de las ruedas el rango de presión oscila entre 70 y 90 toneladas, tardando aproximadamente 45 minutos por cada set de ruedas es de decir, cada dos ruedas ensambladas.

Figura 6. Empate de ruedas



Fuente: FENOCO S.A.

La prensa ensambladora de ruedas cuenta con su propio sistema de puente grúa, para poder manipular a voluntad el material presente en esta estación, sin embargo, se es necesario el puente grúa principal del taller para este proceso.

Figura 7. Set de ruedas sin rodamiento



Fuente: FENOCO S.A.

5.1.3 Ensamble de rodamientos El procedimiento de ensamble de rodamientos es el más crítico en la durabilidad del producto. El área donde se va a ubicar el rodamiento se denomina muñón, la cual debe presentar un buen acabado superficial, sin daños ni rasgaduras. Para su montaje la superficie tendrá que ser limpiada y lubricada con aceite WD-10. Con el fin de evitar daños por corrosión, se aplica una capa de antioxidante en la superficie del redondeo en el cambio de sección del eje conocida como anillo del rodamiento.

El operario verifica el estado del rodamiento y realiza el ensamble con la prensa a una presión de 175psi; tardando aproximadamente de 5 a 10 minutos por rodamiento, los principales tiempos muertos involucrados en el ensamble de los rodamientos se dan en el destapado de las cajas, bolsas y ubicación de cada uno debido a su peso, que es aproximadamente de 30kg.

Una vez ensamblado se ajusta la tapa, dándole un torque máximo a los tornillos de 145lb-pie según la norma y ajustándolos con una platina de seguridad.

5.1.4 Desempate de rodamientos Los Wheel sets que ingresan al taller cuentan con rodamientos; estos se les retira y se almacenan para luego ser empacados y enviados a reparación debido a su vida útil ya que es menor a la de las ruedas.

El desmontaje de rodamientos tarda aproximadamente entre 5 y 10 minutos, donde el promedio de desmontan es de 30 rodamientos por turno de trabajo (9 horas). Los tiempos muertos se presentan en el registro de los datos en los respectivos formatos, remoción de tornillos y tapas.

5.1.5 Corte de ruedas

Figura 8. Corte de ruedas



Fuente: FENOCO S.A.

Proceso que se debe realizar por el desgaste que presentan y las normas estipuladas en el taller FENOCO S.A. Después de retirados los rodamientos, las ruedas son cortadas por medio de oxicorte con el fin de garantizar que el proceso de desmontaje se realice con facilidad, evitando desgarramientos en la superficie del eje o torceduras por la fuerza generada durante el proceso. El corte de ruedas se realiza en un área exterior al taller, debido a las altas temperaturas y residuos de materiales peligrosos, por lo tanto al trasladar el material al lugar de trabajo genera demoras.

Dependiendo de la experticia del cortador y la disponibilidad de gas y oxígeno, se cortan entre 30 y 40 ruedas en un día.

Figura 9. Corte de ruedas



Fuente: FENOCO S.A.

5.1.6 Desempate de ruedas El operario invierte la posición de la prensa ensambladora de ruedas de manera que al ubicar el Wheel set se le retiren las ruedas previamente cortadas. Este proceso se realiza con el fin de dejar el eje sin ruedas para su clasificación.

Aproximadamente el desmontaje de ambas ruedas tarda 30 minutos. Se deben tener en cuenta los tiempos muertos generados durante la organización de ruedas chatarra con el fin de transportarlas al sitio de almacenamiento y ubicar los ejes en su respectivo lugar para una correcta clasificación.

5.1.7 Clasificación de ejes Los ejes usados son sometidos a clasificación para determinar si aún cuentan con vida útil y así tomar una decisión, bien sea para chatarra o enviar a reparación mediante el proceso de metalizado.

Como primer criterio y de mayor importancia es la excentricidad, que es medida a través de un comparador de caratula. El operario verifica que la excentricidad presentada se encuentre dentro del rango permitido por la norma.

Figura 10. Torno convencional, prueba de excentricidad.



Fuente: FENOCO S.A.

Una vez verificada la excentricidad, se procede a medir la talladura en el muñón del rodamiento, que consiste en un desgaste generado por los anillos internos del

rodamiento. La norma establece un rango permisible de talladura; si el eje presenta una profundidad mayor al rango permitido, se descarta como chatarra, en caso de que se encuentre entre los límites del rango, deberá ser maquinado y limpiado en un torno convencional con el fin de enviarlos a un proceso de metalizado para su reutilización, los que cuentan con una talladura menor al rango de reparación son sometidos a una prueba de ultrasonido para verificar fisuras o fallas internas del material.

El criterio de talladura es fundamental ya que el muñón del rodamiento es la sección crítica del eje por encontrarse en los extremos, es la sección más delgada y es el punto de apoyo de la fuerza del peso de los vagones si se incrementa puede convertirse en un punto de concentración de esfuerzos generando rompimiento del eje, daños en el rodamiento ocasionando incremento de la temperatura, lo que puede originar un descarrilamiento de un tren. Es importante resaltar que a diferencia de la sección donde se ubicada la rueda, el muñón no puede ser maquinado ni pulido en caso de presentar daños.

Los ejes que cumplan con los tres criterios anteriormente mencionados son aptos para instalación de ruedas y rodamientos nuevamente.

5.1.8 Despacho de producto terminado El taller de ruedas y ejes produce y despacha actualmente en promedio 110 Wheel sets para Drummond y 82 para Prodeco mensualmente.

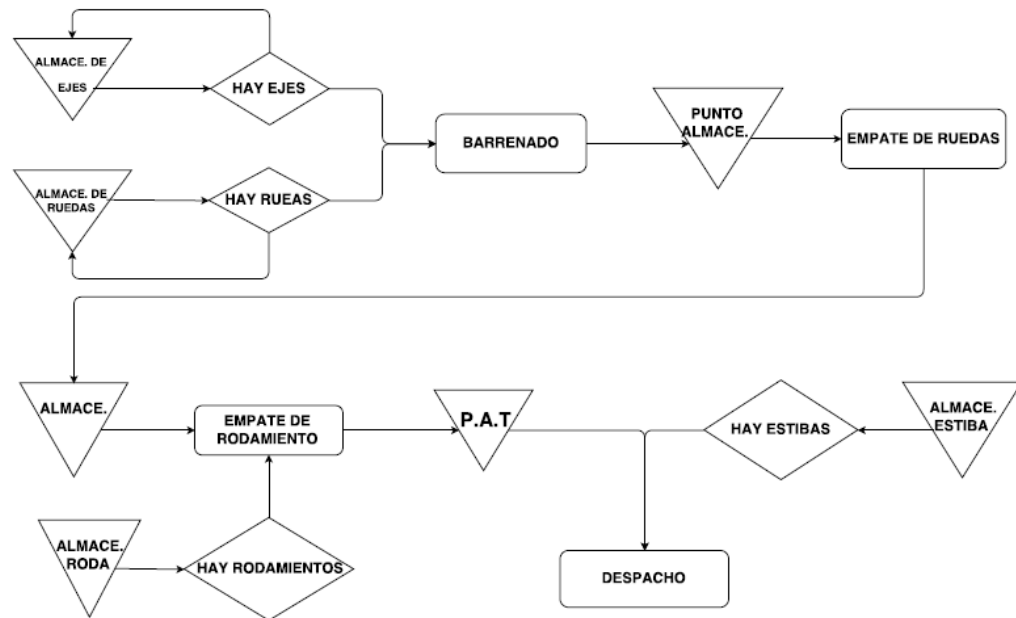
Esto sucede debido a las deficiencias en el manejo y control del inventario lo cual presenta faltantes de material, demoras en la solicitud del mismo, acumulación de material chatarra o descartado, represamiento del trabajo reflejándose en costos excesivos para la empresa y falta de ganancias por producción.

Figura 11. Set de ruedas armado



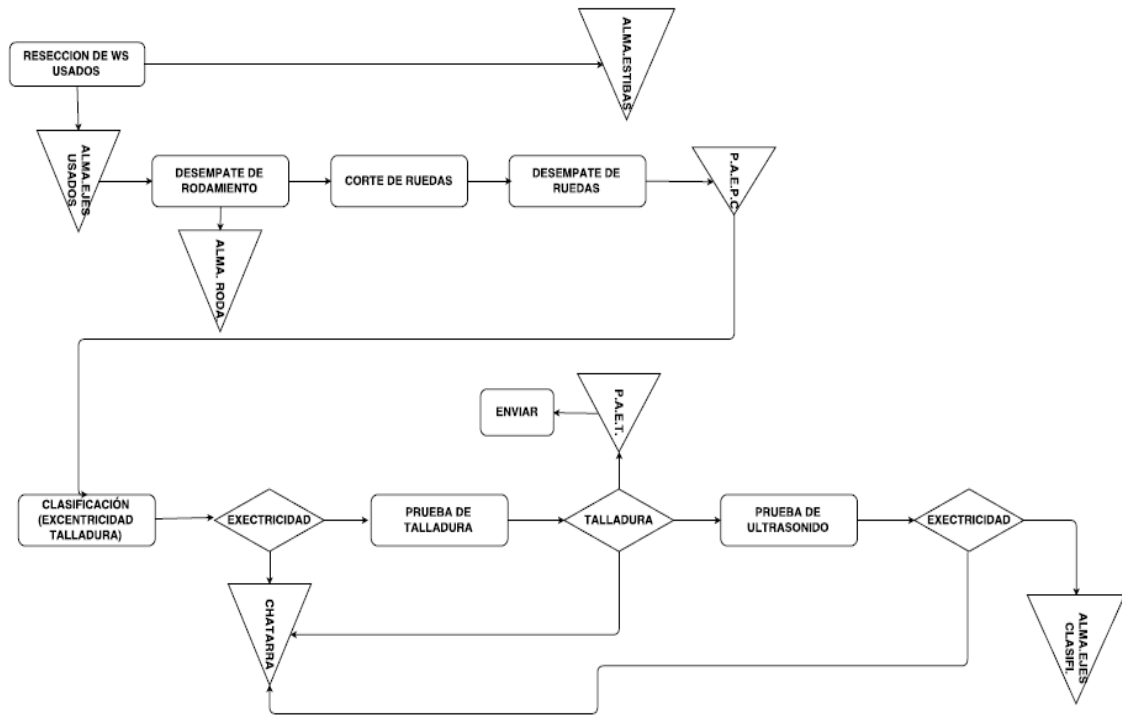
Fuente: FENOCO S.A.

Figura 12. Diagrama de procesos.



Fuente: Autores

Figura 13. Diagrama de procesos.

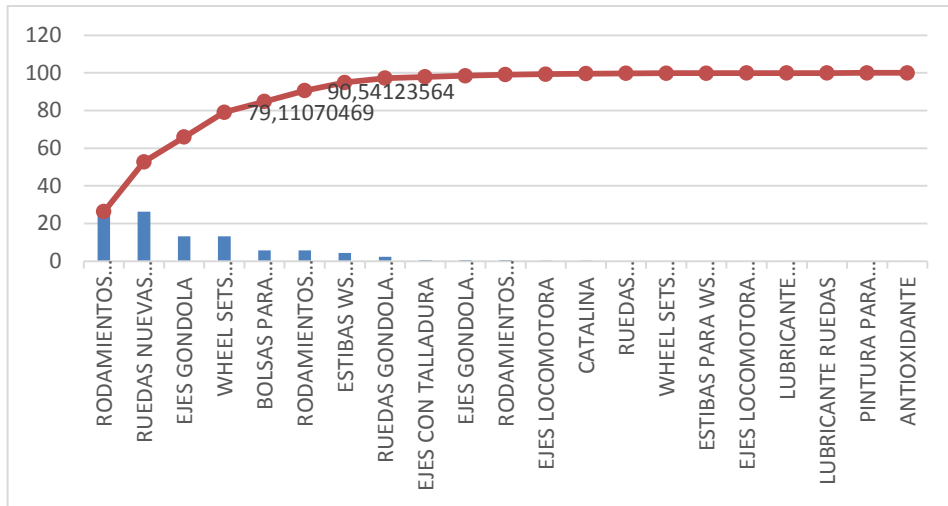


Fuente: Autores

5.2 ANÁLISIS DE PARETO O DIAGRAMA ABC

Basado en el consumo y entregas del año 2014 se realizó un análisis de Pareto con el fin de determinar cuáles son los elementos más críticos o más importantes dentro del inventario del taller de ruedas y ejes.

Figura 14. Análisis de Pareto



Fuente: Autores.

Del anterior gráfico se puede determinar que los elementos más importantes dentro de la actividad del taller son los rodamientos, ruedas nuevas y ejes de góndola en sus diferentes tipos (aptos para el montaje). Por lo tanto serán los elementos de los cuales se debe garantizar un stock suficiente para mantener la producción.

5.3 ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN DEL TALLER DE RUEDAS Y EJES.

Según la definición de indicadores de gestión, se puede considerar la producción como el principal indicador del cual se conocen datos reales y veraces que permitan un análisis confiable de la situación actual del taller.

Se realizó un análisis de la producción basado en la teoría de indicadores de gestión; considerando la demanda como un indicador medible dentro de las actividades del taller de ruedas y ejes, ya que se encuentra dentro del alcance de este proyecto. Este análisis se llevó a cabo con cifras reales obtenidas durante la práctica realizada en el año 2014.

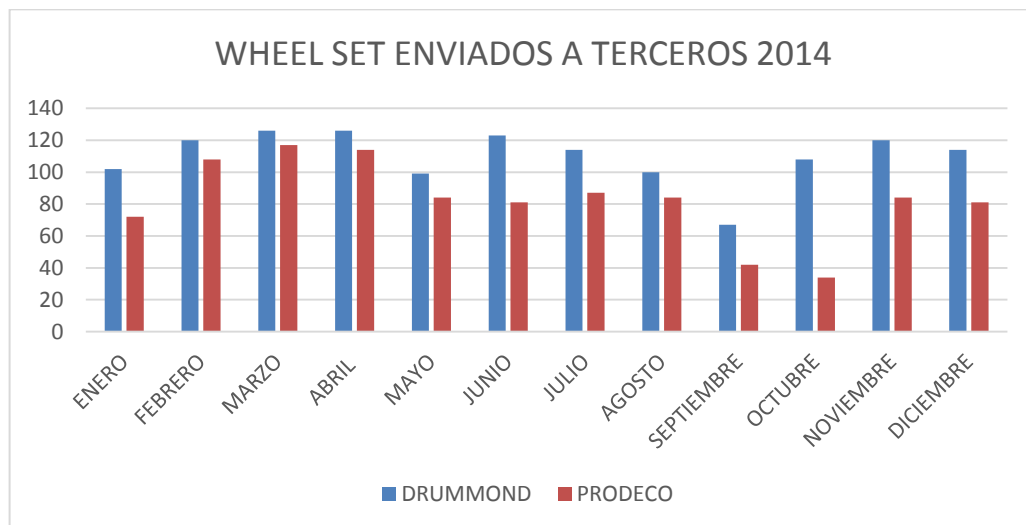
La siguiente tabla muestra una relación de la producción de Wheel sets producidos en cada mes del año 2014 a cada uno de los clientes de Fenoco S.A

Tabla 1. Producción del año 2014

TALLER DE RUEDAS Y EJES		
PRODUCCION DE WHEEL SETS DE VAGON A TERCEROS AÑO 2014		
MES	DRUMMOND	PRODECO
ENERO	102	72
FEBRERO	120	108
MARZO	126	117
ABRIL	126	114
MAYO	99	84
JUNIO	123	81
JULIO	114	87
AGOSTO	100	84
SEPTIEMBRE	67	42
OCTUBRE	108	34
NOVIEMBRE	120	84
DICIEMBRE	114	81
PROMEDIO MES	109,9166667	82,3333333
TOTAL DEMANDA 2014	1319	988

Fuente: Autores

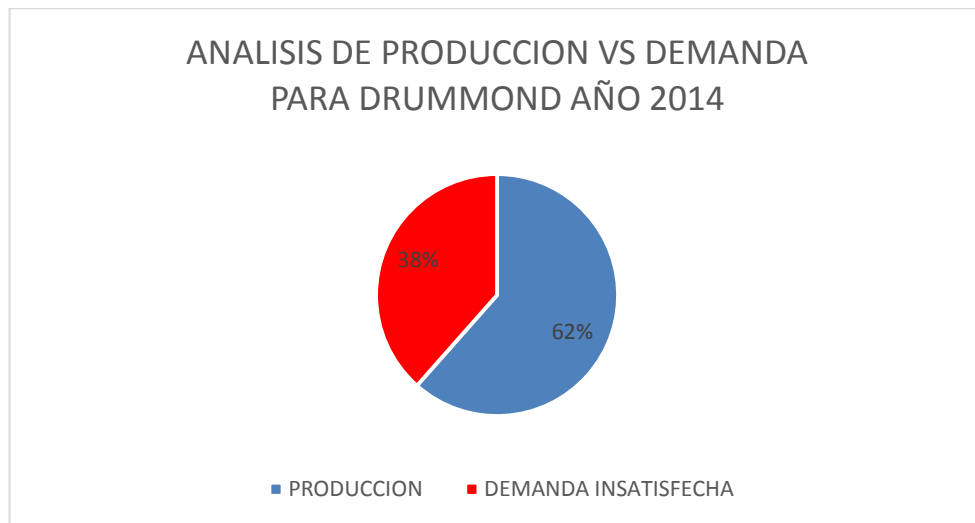
Figura 15. Producción del año 2014



Fuente: Autores

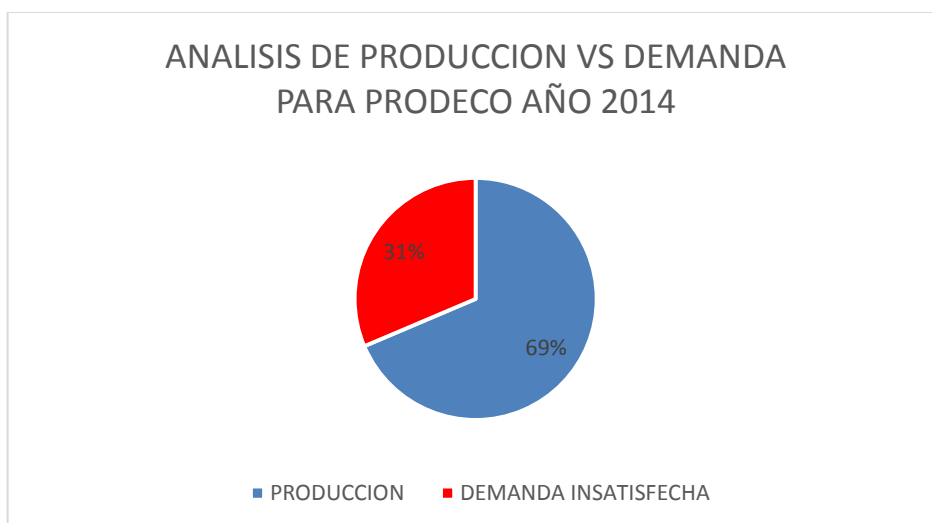
Teniendo en cuenta que la demanda de los clientes es fija, se realizó una comparación de la demanda y la producción presentada para cada cliente en el año 2014. La demanda anual de Drummond es de 180 Wheel sets por mes, es decir 2160 unidades al año, a su vez la demanda de Prodeco es de 120 Wheel sets por mes, 1440 unidades al año.

Figura 16. Análisis de producción vs demanda Drummond.



Fuente: Autores

Figura 17. Análisis de producción vs demanda Prodeco.

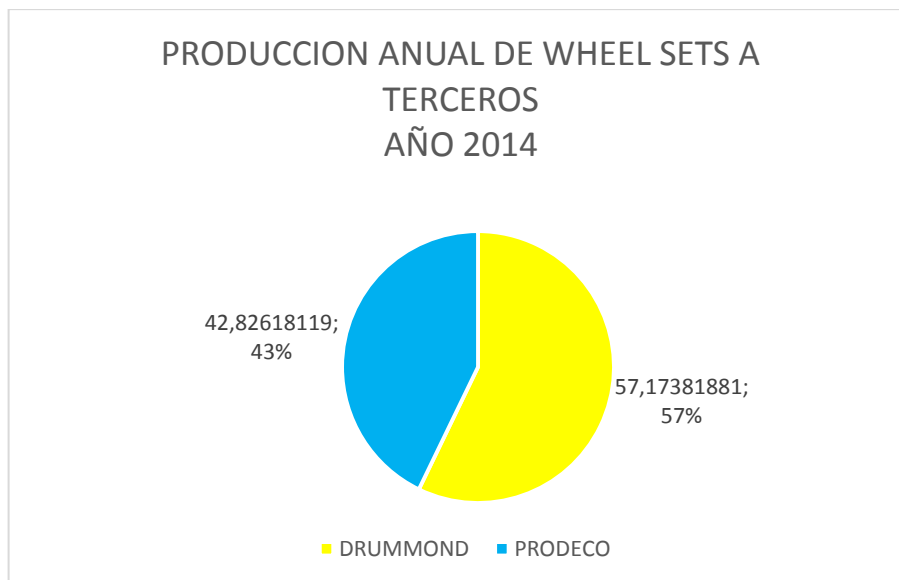


Fuente: Autores

Como resultado se puede observar que un gran porcentaje de la demanda fue insatisfecha y no se logró satisfacer las necesidades de los clientes. La demanda insatisfecha para Drummond fue del 38% mientras que la demanda insatisfecha de Prodeco fue del 31%. Esta demanda insatisfecha es ocasionada por las deficiencias del taller en el manejo de su inventario lo cual genera pérdidas excesivas de tiempo debido a faltantes de material.

Actualmente el taller de ruedas y ejes de Fenoco S.A presta sus servicios principalmente a dos empresas carboneras: Drummond y Prodeco. Realizando una comparación de la demanda de estas empresas se obtuvo la siguiente gráfica.

Figura 18. Porcentaje de producción a terceros año 2014

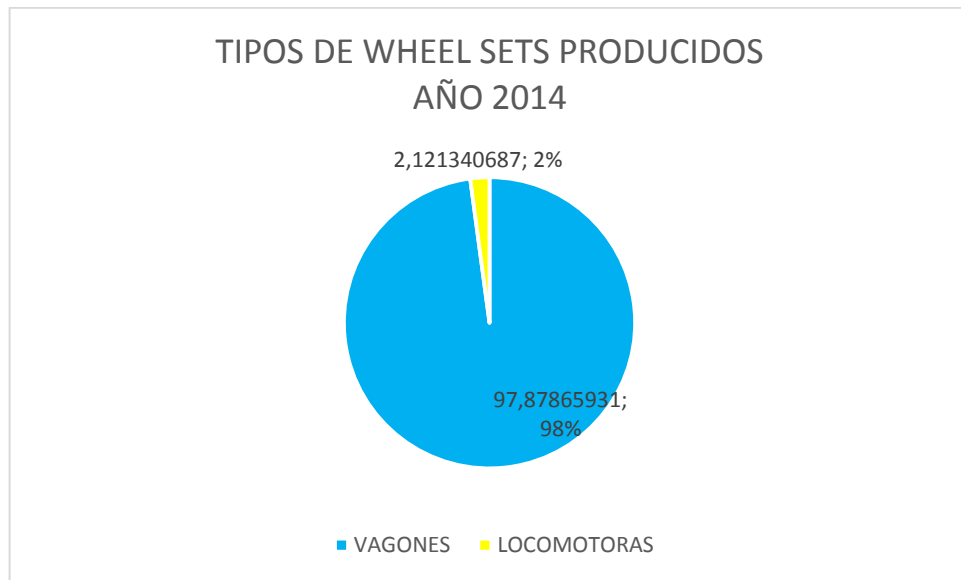


Fuente: Autores

Se obtuvo como resultado que el 57 por ciento de la demanda total del taller corresponde a Drummond y el 43 por ciento corresponde a Prodeco.

Se pudo verificar que el producto principal del taller de ruedas y ejes son los sets de ruedas o Wheel sets de góndola o vagón. Los sets para locomotoras representan una mínima parte de la producción anual.

Figura 19. Tipos de Wheel sets producidos año 2014

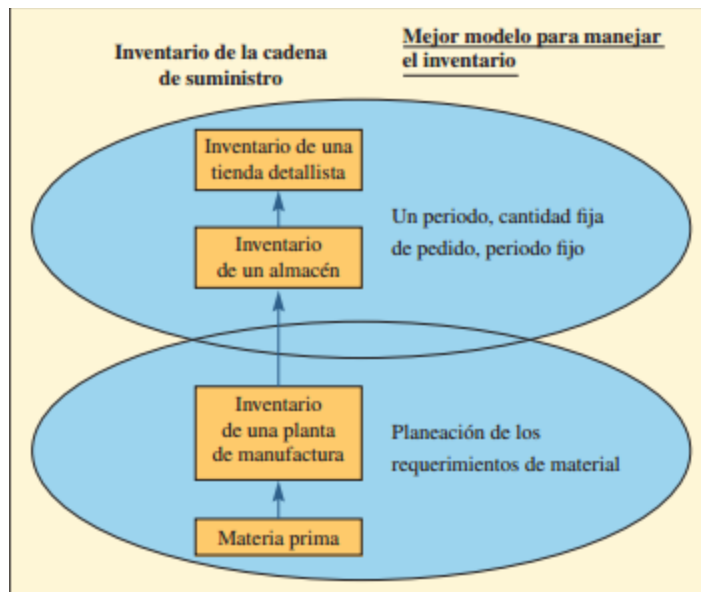


Fuente: Autores

6. INVENTARIOS Y SUS FUNDAMENTOS

Inventario son las existencias de una pieza o recurso utilizado en una organización. Un sistema de inventario es el conjunto de políticas y controles que vigilan los niveles del inventario y determinan aquellos a mantener, el momento en que es necesario reabastecerlo y qué tan grandes deben ser los pedidos. Por convención, el término inventario de manufactura se refiere a las piezas que contribuyen o se vuelven parte de la producción de una empresa. El inventario de manufactura casi siempre se clasifica en materia prima, productos terminados, partes componentes, suministros y trabajo en proceso. En los servicios, el término inventario por lo regular se refiere a los bienes tangibles a vender y los suministros necesarios para administrar el servicio.

Figura 20. Inventario de la cadena de suministro



Fuente: CHASES, Richard B, ROBERT JACOBS, F. Administración de operaciones: producción y cadena de suministros. Decimotercera edición. McGraw-Hill/interamericana editores. S.A. de C.V. 2014,2009. Pág. 547.

El propósito básico del análisis del inventario en la manufactura y los servicios es especificar cuándo es necesario pedir más piezas, y qué tan grandes deben ser los pedidos. Muchas empresas suelen establecer relaciones con los proveedores a más largo plazo para cubrir sus necesidades quizá de todo un año. Esto cambia las cuestiones de “cuándo” y “cuántos pedir” por “cuándo” y “cuántos entregar”.

Todas las empresas mantienen un suministro de inventario por las siguientes razones:

- Para mantener la independencia entre las operaciones. El suministro de materiales en el centro de trabajo permite flexibilidad en las operaciones. Por ejemplo, debido a que hay costos por crear una nueva configuración para la producción, este inventario permite a la gerencia reducir el número de configuraciones. La independencia de las estaciones de trabajo también es deseable en las líneas de ensamblaje. El tiempo necesario para realizar operaciones idénticas varía de una unidad a otra. Por lo tanto, lo mejor es tener un colchón de varias partes en la estación de trabajo de modo que los tiempos de desempeño más breves compensen los tiempos de desempeño más largos. De esta manera, la producción promedio puede ser muy estable.
- Para cubrir la variación en la demanda. Si la demanda del producto se conoce con precisión, quizá sea posible (aunque no necesariamente económico) producirlo en la cantidad exacta para cubrir la demanda. Sin embargo, por lo regular, la demanda no se conoce por completo, y es preciso tener inventarios de seguridad o de amortización para absorber la variación.
- Para permitir flexibilidad en la programación de la producción. La existencia de un inventario alivia la presión sobre el sistema de producción para tener listos los bienes. Esto provoca tiempos de entrega más alejados, lo que permite una planeación de la producción para tener un flujo más tranquilo y una operación a

más bajo costo a través de una producción de lotes más grandes. Por ejemplo, los altos costos de configuración favorecen la producción de mayor cantidad de unidades una vez que se realiza la configuración.

- Protegerse contra la variación en el tiempo de entrega de la materia prima. Al pedir material a un proveedor, pueden ocurrir demoras por distintas razones: una variación normal en el tiempo de envío, un faltante del material en la planta del proveedor que da lugar a pedidos acumulados, una huelga inesperada en la planta del proveedor o en una de las compañías que realizan el envío, un pedido perdido o un embarque de material incorrecto o defectuoso.
- Aprovechar los descuentos basados en el tamaño del pedido. Hay costos relacionados con los pedidos: mano de obra, llamadas telefónicas, captura, envío postal, etc. Por lo tanto, mientras más grande sea el pedido, la necesidad de otros pedidos se reduce. Asimismo, los costos de envío favorecen los pedidos más grandes; mientras más grande sea el envío, menor será el costo unitario.

6.1 GESTIÓN DE INVENTARIOS¹

La función de gestión de inventarios se deriva de la importancia que tienen las existencias para una empresa y, por lo tanto la necesidad de administrar y controlarlas. Esta función consiste, fundamentalmente, en mantener un nivel de inventario que permita, en primer lugar un máximo nivel de servicio al comprador y en segundo lugar un mínimo costo para la empresa.

¹ DIEZ DE CASTRO, Enrique. Distribución Comercial. Segunda Edición; Madrid. : McGraw Hill, 1997.

Según Ronald H Ballou en su libro “Logística Administración de la Cadena de Suministro”, el control de inventarios es un aspecto crítico de la administración exitosa.

Cuando mantener inventario implica un alto costo, las compañías no pueden darse el lujo de tener una cantidad de dinero detenida en existencias excesivas. Los objetivos de un buen servicio al cliente y de una buena producción eficiente deben ser satisfechos manteniendo los inventarios en un nivel mínimo.

Tener existencias en los estándares o bodegas, significa tener dinero ocioso y, para reducirlo al mínimo, una compañía debe hacer que coincidan las operaciones que ofrecen la demanda y la oferta, de manera que la existencias permanezcan en los anaqueles justo a tiempo para cuando las requiera el cliente.

El objetivo final de cualquier modelo de inventarios es el dar respuesta a dos preguntas

- ¿Qué cantidad de artículos deben pedirse?
- ¿En qué momento deben pedirse?

La cantidad de artículos que deben pedirse es conocida como cantidad de pedido y, generalmente se representa con la letra “Q”, este valor hace referencia a la cantidad óptima que debe pedirse y está sujeta a cambios con el tiempo, dependiendo de la situación del mercado (relación Demanda – Oferta) y de algunos costos en los que incurre la empresa.

La respuesta al segundo interrogante depende del tipo de sistema de inventarios. Si el sistema requiere revisión periódica en inventarios de tiempos iguales, el tiempo para adquirir un nuevo pedido suele coincidir con el inicio del cada intervalo de tiempo. Por otra parte, si el sistema es de revisión continua, el nivel de

inventario en el cual debe colocarse un nuevo pedido suele especificar un punto de re-orden.

6.1.1 Clasificación funcional de los inventarios² Es supremamente importante clasificar los inventarios desde el punto de vista funcional, para ayudar a corregir prácticas comunes erradas, como es la de utilizar el indicador de rotación del inventario de una manera uniforme a lo largo de todos los elementos individuales. Muchas veces éstos pueden ser incompatibles o de naturaleza diferente y no es recomendable su comparación directa a través del indicador mencionado. Los seis tipos funcionales de inventarios son:

6.1.1.1 Inventario cíclico Los inventarios cíclicos resultan del hecho de producir u ordenar en lotes en vez de unidad por unidad. La cantidad de inventario disponible en cualquier momento como resultado de dichos lotes se denomina *inventario cíclico*.

Las principales razones para utilizar producción u órdenes por lotes son las siguientes:

- Lograr economías de escala al evitar altos costos de alistamiento u ordenamiento;
- Lograr descuentos por cantidad en costos de compra y/ó transporte;
- Satisfacer restricciones tecnológicas de producción por lotes.
- Posteriormente se verá que el inventario cíclico en cualquier instante depende de la frecuencia y cantidad con que se realicen los pedidos, y que esto puede determinarse estableciendo la prioridad entre el costo de ordenamiento y el costo de mantenimiento del inventario.

² VIDAL HOLGUIN, Carlos Julio. Fundamentos de control y gestión de inventarios. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del valle, 2010. 436 p. (Colección Ciencias Sociales) .

6.1.1.2 Inventario de congestión.³ Cuando existen productos que compiten por capacidad limitada, se generan los denominados inventarios de congestión. Estos se forman cuando varios ítems comparten el mismo equipo de producción o cuando existen tiempos de alistamiento grandes, ya que los ítems deben esperar a que el equipo esté disponible.

6.1.1.3 Inventario de seguridad El inventario de seguridad es el inventario que se conserva disponible para responder a todas las fluctuaciones aleatorias que puedan existir en el sistema. Las más importantes son la variabilidad de la demanda y de los tiempos de reposición (“Lead Times”). El inventario de seguridad afecta directamente el nivel del servicio al cliente, el cual puede definirse como la frecuencia con que la demanda del cliente es satisfecha del inventario disponible. El inventario de seguridad es un tema fundamental y se tratará con detalle posteriormente.

6.1.1.4 Inventario de anticipación⁴ Este es el inventario acumulado con anterioridad para responder a picos de demanda. Se maneja en empresas para las cuales es más costoso satisfacer picos de demanda a partir de la contratación adicional de personal, a la programación de horas extras y/o a la compra a proveedores externos durante los períodos de alta demanda. También ocurre en empresas donde la naturaleza del producto así lo determina, como por ejemplo en la producción de salsa de tomate en países donde la cosecha ocurre en un tiempo relativamente corto del año, y las empresas que fabrican adornos de Navidad. Este tipo de inventario puede estar presente, finalmente, en situaciones donde se requiere construirlo con anticipación a la demanda, como es el caso de zonas climáticas extremas donde se dificulte la distribución en ciertas épocas del año, períodos de guerra, etc.

³ VIDAL HOLGUIN, Carlos Julio. Fundamentos de control y gestión de inventarios. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del valle, 2010. 436 p. (Colección Ciencias Sociales)

⁴ VIDAL HOLGUIN, Carlos Julio. Fundamentos de control y gestión de inventarios. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del valle, 2010. 436 p. (Colección Ciencias Sociales)

6.1.1.5 Inventario en tránsito (o en proceso) Este tipo de inventario incluye productos que se encuentran en tránsito entre diversas estaciones de producción (inventario en proceso), o en los sistemas de transporte entre una instalación y otra de la cadena de abastecimiento (inventario en tránsito o “*pipeline inventory*”). Este inventario es proporcional al nivel de utilización del producto y al tiempo de transporte entre las instalaciones del sistema y se constituye en un elemento importante para la selección de los modos de transporte en una cadena de abastecimiento, especialmente internacional.

6.1.1.6 Inventario de separación⁵ Se utiliza este término en sistemas de varios puntos de almacenamiento (sistemas de producción/distribución en etapas o cascadas – “*multiechelon systems*”). Su función es la de separar los procesos decisivos relacionados con inventarios en las diferentes etapas del sistema. Mediante estos inventarios, por ejemplo, una bodega secundaria menor puede tomar sus propias decisiones sin detrimento de lo que ocurra en la bodega central.

6.1.2 Naturaleza e importancia de los inventarios El control de inventarios es uno de los temas más complejos y apasionantes en Logística. Es muy común escuchar a los administradores, gerentes y analistas de Logística afirmar que uno de sus principales problemas a los que se deben enfrentar es la administración de los inventarios. Uno de los problemas típicos, por ejemplo, es la existencia de excesos y de faltantes: “*Siempre tenemos demasiado de lo que no se vende o consume, y muchos agotados de lo que sí se vende o consume.*”

Lo interesante de este problema es que ocurre prácticamente en cualquier empresa del sector industrial, comercial o de servicios, las cuales administran, de una u otra forma, materias primas, componentes, repuestos, insumos

⁵ VIDAL HOLGUIN, Carlos Julio. Fundamentos de control y gestión de inventarios. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del valle, 2010. 436 p. (Colección Ciencias Sociales)

y/o productos terminados, los cuales mantienen en inventario en mayor o menor grado.

Las causas fundamentales para la necesidad del mantenimiento de inventarios en cualquier empresa son las fluctuaciones aleatorias de la demanda y de los tiempos de reposición ('Lead Times'). Los inventarios también surgen del desfase que existe entre la demanda de los consumidores y la producción o suministro de dichos productos. Se puede, sin embargo, atenuar estas causas mediante una o más de las siguientes estrategias:

- La obtención de información precisa y en tiempo real sobre la demanda en el punto de consumo. A mayor información disponible oportunamente, la planeación será mucho más fácil y eficaz.
- La consolidación de centros de distribución y bodegas para aumentar los volúmenes de demanda por instalación, ya que más altos volúmenes de demanda conducen generalmente a menores niveles de variabilidad de la misma.
- La estandarización de productos para evitar el mantenimiento de inventarios de una gran diversidad de ítems que sólo difieren en aspectos menores de forma, color, condición, etc. Las características finales del producto pueden ser implementadas en el momento de recibir las órdenes de los clientes. (Principio de posposición de forma)
- El mejoramiento de los sistemas de pronósticos de demanda a través de técnicas estadísticas de reconocida eficacia.
- El mejoramiento de alianzas y de sistemas de comunicación con proveedores y clientes para la reducción de Lead Times.

- La reducción de demoras y Lead Times a lo largo de toda la cadena de abastecimiento, incluyendo los tiempos de tránsito en los sistemas de transporte.

La solución entonces a estos problemas frecuentes de desbalanceo de inventarios es la de diseñar e implementar estrategias adecuadas de control, a través de las siguientes alternativas:

- Utilización de sistemas adecuados de pronósticos de demanda, que permitan estimar con precisión el patrón, el promedio y la variabilidad de la demanda de cada ítem que se mantenga en inventario. De esta forma, los inventarios de seguridad se calculan proporcionalmente a la variabilidad de la demanda, de acuerdo con el nivel de servicio deseado, y no proporcionalmente al promedio de la misma. Debe minimizarse las causas frecuentes de errores excesivos en los pronósticos, tales como la selección del modelo matemático inadecuado, la utilización de datos poco confiables y de datos de ventas en lugar de demanda, los sesgos en los pronósticos, la inclusión de datos atípicos y la selección errada del período fundamental del pronóstico.
- Medición adecuada de los Lead Times y su variabilidad.
- Implementación de la clasificación ABC para establecer prioridades de administración y diferenciar los sistemas de control de ítems en cada categoría. Por ejemplo, una reducción del 25% del inventario de los ítems clase A (alrededor del 20% de todos los ítems, catalogados como 'los más importantes'), puede causar una reducción global del 20% del valor del inventario.
- Definición de los lugares más adecuados dentro de la cadena de abastecimiento donde se debe mantener inventarios y determinación de sus niveles correspondientes.

- Consideración de aspectos fundamentales tales como el ciclo de vida del producto, la naturaleza del proceso productivo bajo estudio y los aspectos financieros relacionados con inventarios, tales como los plazos de pago y sus descuentos asociados.
- Generación de indicadores de eficiencia que consideren simultáneamente todas las variables de interés. Es muy común el error, por ejemplo, de solo medir el desempeño de un sistema de control de inventarios a través de la rotación del mismo y querer mejorarla incluso a costa del nivel de servicio ofrecido al cliente.

6.1.3 Qué nivel de inventarios mantener⁶ Algunos factores por los cuales los inventarios tienen una importancia fundamental para el funcionamiento de las organizaciones, desde el punto de vista de la gestión administrativa y de la competitividad de la empresa son los siguientes:

- Una gran proporción de los **activos corrientes** de las empresas está representada en inventarios.
- El mantenimiento y manejo de los inventarios es costoso para las organizaciones.
- El manejo de los inventarios tiene un impacto significativo en la gestión administrativa, ya que afecta directamente a los estados financieros de la empresa, como son el balance general y el estado de pérdidas y ganancias. Igualmente, algunos indicadores de eficiencia importantes pueden verse significativamente afectados, tales como la relación entre activos corrientes y pasivos corrientes, y el *Retorno sobre la Inversión (ROI)*. A continuación se presenta, la siguiente expresión para el cálculo del **ROI**:

⁶ VIDAL HOLGUIN, Carlos Julio. Fundamentos de control y gestión de inventarios. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del valle, 2010. 436 p. (Colección Ciencias Sociales)

$$ROI = \frac{\text{Ventas} - \text{Costo de los productos vendidos}}{\text{Existencias físicas} + \text{Cuentas por cobrar} + \text{Inventario}} \quad \text{Ecuación 1}$$

Claramente se observa la influencia del nivel de inventario sobre este indicador de eficiencia, el cual es muy comúnmente utilizado por la administración.

¿Qué nivel de inventarios es entonces conveniente mantener? La respuesta depende de muchos aspectos, principalmente de la naturaleza de la organización y de la evaluación que la administración haga de las ventajas y desventajas de tenerlos. El punto está obviamente en la cantidad de inventario que debe mantenerse y en su correcta administración, con el objeto de mejorar la competitividad de la organización sin sacrificar recursos innecesariamente.

6.1.4 Ventajas de mantener inventarios⁷ Existen diversas razones por las cuales es ventajoso que una empresa mantenga inventarios de materias primas y/o productos terminados. Las principales ventajas de mantener inventarios son las siguientes:

- Mejoramiento del servicio al cliente, en el sentido de satisfacer sus órdenes directamente del inventario disponible, sin producir despachos pendientes u órdenes perdidas. Al mejorar el servicio al cliente, puede incluso producirse un aumento en las ventas.
- Reducción de costos de producción, de compra y/o de transporte de una forma indirecta, a través de la producción o compra de lotes más grandes y más homogéneos, con los cuales se logran economías de escala en la cadena de suministro. Adicionalmente, puede pensarse en realizar compras de lotes mayores a bajo costo actual, en anticipación de un alza de precios en el futuro. Desde este

⁷ VIDAL HOLGUIN, Carlos Julio. Fundamentos de control y gestión de inventarios. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del valle, 2010. 436 p. (Colección Ciencias Sociales)

punto de vista, el costo de llevar el inventario es dominado por los ahorros potenciales producidos por las economías de escala, los bajos precios de compra y las posibles condiciones de pago y financiación de los inventarios.

- Reducción de costos de operación, al reducir el impacto de la variabilidad de los tiempos de producción y transporte.
- Implementación de mecanismos para responder a factores externos o internos inesperados, tales como huelgas, demoras excesivas en el envío de materiales, desastres naturales, etc.

6.1.5 Desventajas de mantener inventarios⁸

- Absorción excesiva de capital sin adicionar un valor significativo al producto. Desde este punto de vista, algunos analistas consideran los inventarios como un desgaste innecesario.
- Enmascaramiento de problemas de calidad los cuales pueden permanecer ocultos y tardar mucho tiempo en ser corregidos.
- Dificultad para el diseño integrado de las cadenas de abastecimiento, al establecer “islas” con intereses propios que ocasionan la suboptimización del sistema como un todo.

6.1.6 Rotación de inventarios⁹ Debe recordarse siempre que el corte arbitrario de los inventarios para aumentar su rotación puede ser un gran error, que puede degenerar en un pésimo servicio al cliente y, eventualmente, en la quiebra de la

⁸ VIDAL HOLGUIN, Carlos Julio. Fundamentos de control y gestión de inventarios. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del valle, 2010. 436 p. (Colección Ciencias Sociales)

⁹ VIDAL HOLGUIN, Carlos Julio. Fundamentos de control y gestión de inventarios. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del valle, 2010. 436 p. (Colección Ciencias Sociales)

organización. Por ello, la reducción de inventarios debe analizarse cuidadosamente dentro del marco del sistema bajo estudio. Históricamente, se ha dado un proceso en el que ha cambiado radicalmente el pensamiento humano y de las organizaciones con respecto a la tenencia de inventarios:

- Hace alrededor de 300 años, el tener inventarios era una medida de riqueza.
- A comienzos del siglo pasado se enfatizó la liquidez de los inventarios y la rapidez de la *rotación del inventario*, indicador de eficiencia dado por:

Rotacion del Inventario

$$= \frac{\text{Costo de ventas periodicas } \left(\frac{\$}{\text{periodo}} \right)}{\text{Inventario Promedio durante el periodo } (\$)} \quad \text{Ecuación 2}$$

Dónde:

Inventario Promedio

$$= \frac{\text{Inventario inicial (Al costo)} - \text{Inventario Final (Al costo)}}{2} \quad \text{Ecuación 3}$$

Se calcula el valor promedio de inventario y la rotación de inventario de piezas individuales de la siguiente manera:

$$\text{Valor promedio de inventario} = \left(\frac{Q}{2} + SS \right) C \quad \text{Ecuación 4}$$

$$\text{Rotacion de inventario} = \frac{DC}{\left(\frac{Q}{2} + SS \right) C} = \frac{D}{\left(\frac{Q}{2} + SS \right)} \quad \text{Ecuación 5}$$

Dónde:

C=costo por unidad de la pieza

D=Demanda anual

Q=Cantidad pedida

SS=Inventario de seguridad

Es muy importante notar la inconveniencia de utilizar este indicador en forma aislada, ignorando el nivel de servicio a los clientes y los indicadores financieros de los inventarios. Por ejemplo, podría pensarse en bajar los niveles de inventario al mínimo para tratar de

6.1.7 Concentración de los inventarios en diversas industrias.¹⁰ Desde el punto de vista administrativo, la concentración y el énfasis de los diversos tipos de inventarios varía dependiendo del sector industrial al que pertenezca la empresa. Se consideran principalmente tres tipos de inventarios:

- Materias primas y componentes
- Productos terminados
- Inventario en proceso (WIP = “Work in Process”).

La siguiente tabla muestra un ejemplo de las diferencias de concentración de inventarios entre tres diversos sectores productivos.

¹⁰ VIDAL HOLGUIN, Carlos Julio. Fundamentos de control y gestión de inventarios. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del valle, 2010. 436 p. (Colección Ciencias Sociales)

Tabla 2. Ejemplo de concentración de inventarios en diversos sectores productivos.

Sector Industrial	Inventario de materias primas	Inventario en proceso	Inventario de productos terminados	Inventario en el sistema de distribución
Bienes de capital	60%	16%	24%	0%
Confecciones	28	60	4	8
Consumo masivo	4	12	28	56

Fuente: VIDAL HOLGUIN, Carlos Julio. Fundamentos de control y gestión de inventarios. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del valle, 2010. 436 p. (Colección Ciencias Sociales). Pág.

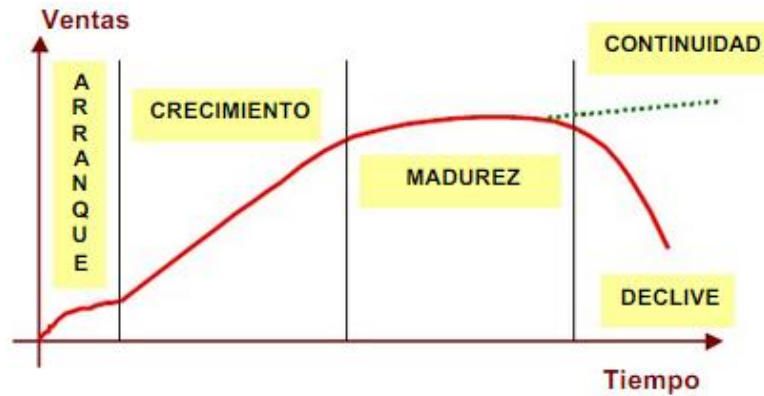
Obsérvese como la concentración del inventario cambia significativamente de acuerdo al tipo de empresa. De igual forma, las estrategias de control deben estar diseñadas de acuerdo con esta característica.

6.1.8 Aspectos que influyen en el diseño de un sistema de administración de inventarios.¹¹ Los aspectos más importantes que influyen en el diseño de un sistema de administración de inventarios son los siguientes:

El ciclo de vida de los productos No es lo mismo el control del inventario de un producto cuando está en su fase de arranque o introducción al mercado, que cuando está en su fase de madurez, por ejemplo. En la fase de introducción debe garantizarse un inventario adecuado en lugares claves que responda a la demanda creciente del producto. En la fase de madurez puede optimizarse el control del inventario, dejando solo aquellos lugares claves y racionalizando los niveles de existencias.

¹¹ VIDAL HOLGUIN, Carlos Julio. Fundamentos de control y gestión de inventarios. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del valle, 2010. 436 p. (Colección Ciencias Sociales)

Figura 21. Ciclo de vida del producto



Fuente: VIDAL HOLGUIN, Carlos Julio. Fundamentos de control y gestión de inventarios. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del valle, 2010. 436 p. (Colección Ciencias Sociales) .Pág. 11

Las diferencias en la **naturaleza del proceso productivo**, ilustradas en la siguiente imagen. Claramente, el principal énfasis del sistema de administración de producción e inventarios depende de dicho proceso. Análogamente, el diseño del sistema se ve influenciado por la ubicación del producto dentro de la matriz producto-proceso.

Tabla 3. Tipos de sistemas para planeación y control de inventarios.

SISTEMA	NATURALEZA DEL PROCESO PRODUCTIVO	PRINCIPAL ÉNFASIS DEL SISTEMA
Trabajo por órdenes ("job shop")	Bajo volumen de fabricación	Flexibilidad para atender una gran cantidad de órdenes diferentes
Tamaño óptimo de pedido (EOQ), punto de reorden	Sistemas no-productivos	Reducción de los costos de inventario, manteniendo el nivel de servicio al cliente
EOQ en sistemas multi-etapas, punto de reorden	Distribución; Sistemas gobernados por capacidad	Alta utilización de la capacidad disponible a costo razonable
Material Requirements Planning (MRP)	Producción por lotes, bajo volumen, ensambles	Coordinación efectiva de materiales
Just in Time (JIT)	Alto volumen repetitivo	Minimización de alistamientos ("setups") e inventarios, con alta calidad

Fuente: VIDAL HOLGUIN, Carlos Julio. Fundamentos de control y gestión de inventarios. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del valle, 2010. 436 p. (Colección Ciencias Sociales). Pág. 12

Tabla 4. Matriz producto-proceso.

MEZCLA DE PRODUCTOS \ PROCESO	Por orden	Bajo volumen; muchos productos	Alto volumen; algunos productos	Muy alto volumen; proceso continuo
	Flujo discontinuo; por orden	Ind. Aeroespacial Impresora comercial		
Menos discontinuo; por lotes		Maquinaria industrial Confecciones		
Flujo gobernado por el operario			Drogas y químicos Productos electrónicos	
Flujo gobernado por la máquina			Industria automotriz Productos de acero	
Flujo continuo y altamente automatizado				Papel Azúcar Cerveza Petróleo

Fuente: VIDAL HOLGUIN, Carlos Julio. Fundamentos de control y gestión de inventarios. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del valle, 2010. 436 p. (Colección Ciencias Sociales). Pág. 12.

6.1.9 Elementos para toma de decisiones en sistemas de inventarios¹² Las decisiones que deben tomarse para la administración de un sistema de inventarios son muy complejas, no sólo por su importancia propia, sino por las interrelaciones con los otros sistemas de la organización.

6.1.9.1 El valor unitario del ítem. El valor unitario de cada ítem está expresado en \$/unidad. Para un comerciante (no- productor) este costo corresponde al precio del artículo pagado al proveedor incluyendo los fletes y costos relacionados. Puede depender del tamaño de pedido, de acuerdo con los descuentos por cantidad. Para productores, este valor es más difícil de determinar. Sin embargo, rara vez se utiliza el valor en libros del ítem. Se prefiere, en cambio, medir el valor real del dinero invertido en el ítem (costo variable de producción) para hacerlo apto para su utilización, bien sea como producto terminado para el consumidor final, o como componente para otro proceso dentro

¹² VIDAL HOLGUIN, Carlos Julio. Fundamentos de control y gestión de inventarios. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del valle, 2010. 436 p. (Colección Ciencias Sociales).

de la planta. Este costo es muy importante, ya que el costo de llevar el inventario depende de él.

6.1.9.2 El costo de llevar o mantener el inventario El costo de llevar o mantener el inventario comprende los costos de almacenamiento y manejo, el costo del espacio utilizado, los costos de capital, los seguros e impuestos, y los costos de riesgo en los que se incurre por el hecho de tener almacenados los ítems, esperando a ser demandados por los clientes.

A continuación se presentan las principales características de dichos costos:

- **Costos de almacenamiento y manejo** se refieren a los costos de operar la bodega, teniendo en cuenta la mano de obra utilizada, las actividades desarrolladas, tales como recepción, almacenamiento, inspección y despacho. Si la bodega es arrendada, estos costos formarán parte del costo global de espacio dado por el arrendatario y descrito a continuación.

- **costo de espacio** es el reflejo del uso del volumen dentro del edificio de la bodega. Si la bodega es arrendada, estos costos se expresan generalmente por unidad de peso por cada período de tiempo, por ejemplo en $\$/(\text{ton}\cdot\text{mes})$. Si el espacio es propio de la empresa, los costos de espacio se determinan de acuerdo con los costos de operación asociados con dicho espacio, tales como climatización e iluminación, y costos fijos, tales como los costos del edificio y del equipo, basados en el volumen que se maneja en la bodega. Los costos de espacio no se incluyen en el cálculo de inventarios en tránsito.

- **costos de capital o costos de oportunidad** representan la mayor proporción de los costos de llevar el inventario. A pesar de esto, es el costo menos tangible de todos los componentes del costo de inventario. Su determinación no es fácil, ya que depende de muchos factores. Primero, los inventarios pueden tratarse

de activos a corto plazo o de activos a largo plazo, dependiendo de su función. Segundo, el costo de capital puede determinarse de un rango amplio de valores que van desde las tasas de interés del mercado hasta el costo de oportunidad del capital, que puede estar representado en el promedio de las tasas mínimas de retorno de la empresa o en las inversiones más rentables a las que la empresa tiene acceso.

- Los **seguros e impuestos** dependen del inventario disponible y por ello forman parte del costo de llevar el inventario. Los seguros se toman como prevención contra incendio, robo, daños, etc. Los impuestos se pagan dependiendo de los sistemas contables particulares de cada región y generalmente se cobran de acuerdo con los valores en libros de los inventarios. El tema de valoración de los inventarios para efectos contables no se considera en esta publicación.
- Los **costos de riesgo** Representan los costos de obsolescencia, deterioro y depreciación del inventario. El deterioro puede deberse a condiciones naturales de los ítems en inventario, especialmente si se trata de artículos perecederos. Estos costos pueden determinarse del costo de ítems perdidos, o del costo de actualización mediante trabajo adicional para recobrar el estado normal del producto, o de reponer el producto desde otra localización.

La siguiente imagen muestra un ejemplo que ilustra la magnitud de cada uno de los costos descritos anteriormente, los cuales sumados en total representan el costo de llevar el inventario. Nótese que los costos de oportunidad, obsolescencia y depreciación pueden representar hasta el 96% del costo total de llevar el inventario. Las unidades en las que se mide este costo son normalmente en un porcentaje por año [%/año], o, equivalentemente, en [\$/(\$·año)], lo que significa el dinero que hay que pagar por cada peso invertido en inventario cada año, o cada período de tiempo que se escoja para el análisis. Regularmente se utiliza el mismo

costo de llevar el inventario para todos los ítems, excepto en los casos en que las diferencias entre diversos ítems sean significativas.

Tabla 5. Componentes del costo de llevar inventario.

COMPONENTE DEL COSTO	PORCENTAJE DEL TOTAL
Interés y costos de oportunidad	82.00%
Obsolescencia y depreciación	14.00
Almacenamiento y manejo	3.25
Impuestos	0.50
Seguros	0.25
TOTAL	100.00%

Fuente: VIDAL HOLGUIN, Carlos Julio. Fundamentos de control y gestión de inventarios. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del valle, 2010. 436 p. (Colección Ciencias Sociales). Pág. 24.

El costo de llevar el inventario (en \$) se calcula normalmente mediante la siguiente expresión:

Figura 22. Costo de llevar inventario

$$\text{Costo de llevar el inventario por año} = \bar{I}vr$$

donde:

- \bar{I} = Inventario promedio anual en unidades
- \bar{v} = Inventario promedio anual expresado en unidades monetarias
- r = El costo de llevar el inventario expresado en %/año o en \$/(\bar{I} - año)

Fuente: VIDAL HOLGUIN, Carlos Julio. Fundamentos de control y gestión de inventarios. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del valle, 2010. 436 p. (Colección Ciencias Sociales). Pág. 24

6.1.9.3 El costo de ordenamiento Cada orden para reponer el inventario tiene varios costos asociados, los cuales en general son fijos y no dependen del tamaño de la orden. Estos costos corresponden al procesamiento, transmisión, manejo

y compra de la orden. Específicamente, para un comerciante (no- productor), el *costo de ordenamiento* puede comprender:

- Costo de preparación de los formatos de las órdenes.
- Costos de correo (o de cualquier sistema que utilice para la transmisión de órdenes, incluyendo fax, EDI, etc.).
- Costos de llamadas telefónicas relacionadas con el pedido
- Costos de autorización del pedido.
- Costos de recepción e inspección.
- Costos de manejo de las facturas del proveedor.
- Otros costos relacionados con el procesamiento de la orden.

Para un productor este costo puede incluir los costos relacionados con el montaje de maquinaria fija, los costos de alistamiento para preparar las máquinas para procesar la orden, la transmisión y control de la orden en la planta. En este caso se prefiere utilizar el término *costo de preparación*.

Es muy importante definir cuáles costos se constituyen en costos adicionales para la preparación o procesamiento de una orden, ya sea en un sistema productivo o comercial, ya que son los costos marginales los que deben incluirse en el costo de ordenamiento o preparación. En otras palabras, si el procesamiento de una orden no requiere de personal adicional, sino del mismo personal al que debe pagársele su salario independientemente de que la orden se produzca, sólo deberían incluirse los costos marginales para procesar la orden, como por ejemplo, el costo de papelería y copiado.

6.1.9.4 El costo de falta de inventario. Este costo se produce cuando se recibe una orden y no hay suficiente inventario disponible para cubrirla. Generalmente se expresa como un porcentaje del costo del ítem. Pueden ocurrir entonces tres posibilidades: se genera una orden pendiente, se pierde la venta o se produce una combinación de ambas, por ejemplo cuando el cliente decide aceptar una orden

pendiente parcial. Cualquiera de las tres posibilidades que ocurra, genera un costo, el cual es muy difícil de estimar debido a su naturaleza intangible.

Cuando se pierde la venta totalmente, puede usarse como una primera aproximación la utilidad perdida como el costo de falta de inventario. Cuando se genera una orden pendiente, una serie de acciones especiales deben ser emprendidas, como son órdenes adicionales, planeación urgente de producción, transporte especial, etc., lo que aumenta el costo del ítem comparado con el canal normal de distribución. Estos costos no son difíciles de medir, pero el hecho de no tener el inventario disponible puede generar mala imagen y descontento en los clientes, lo cual puede ocasionar pérdida de ventas futuras. Este factor es muy difícil o imposible de cuantificar en forma práctica. Se prefiere, por ello, utilizar valores conservativos, de tal forma que no se generen altos costos de faltantes y el control del inventario mantenga un nivel de servicio alto.

6.1.9.5 Tiempo de reposición (“Lead Time”). El *tiempo de reposición* o “*Lead Time*” (término normalmente usado en nuestro medio) es el tiempo que transcurre entre el momento de expedir una orden (de compra o de producción) y el instante en que se tienen los artículos listos para ser demandados por el cliente. Este factor es de fundamental importancia para el control de los inventarios, ya que es precisamente durante el lead time cuando puede ocurrir una falta de inventario, pues se supone que aquí el nivel de inventario está relativamente bajo, ya que dio lugar a la expedición de una orden. En un ambiente no productivo, por ejemplo, el lead time comprende generalmente las siguientes etapas:

- Tiempo administrativo que transcurre entre la decisión de emitir una orden y su correspondiente preparación.
- Tiempo de tránsito de la orden hasta el proveedor.

- Tiempo empleado por el proveedor para procesar la orden, el cual a su vez depende de su nivel de inventario y condiciones generales de almacenamiento y producción.
- Tiempo de tránsito entre el proveedor y el lugar donde es solicitada la orden.
- Tiempo de recepción, inspección y almacenamiento en el lugar donde es solicitada la orden.

6.1.9.6 Tipo y Patrón de demanda. Un aspecto muy importante de la demanda es su caracterización como *demanda independiente*, o como *demanda dependiente* o *derivada*. La demanda independiente es generada por entes externos a la empresa, como por ejemplo los clientes que compran los productos terminados que ésta manufactura. La demanda dependiente, por el contrario, como su nombre lo indica, depende de otras demandas. El ejemplo más común es la demanda de materias primas y componentes generada por una demanda independiente de productos terminados. En general, la demanda dependiente es mejor controlada por sistemas MRP (*Material Requirements Planning*), los cuales se analizan en los sistemas de producción, mientras que los inventarios de demanda independiente se controlan con los métodos explicados en esta publicación.

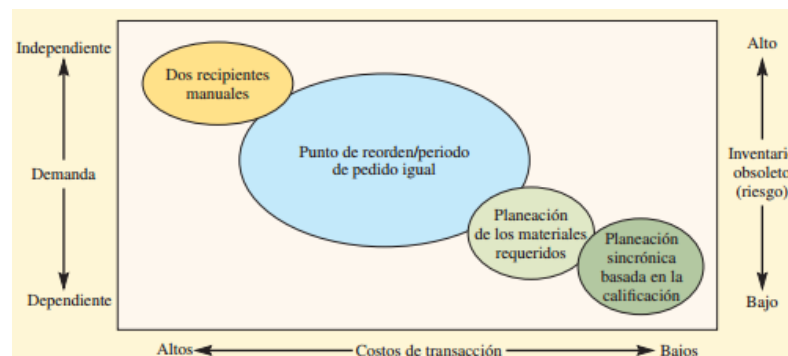
6.1.10 Demanda dependiente e independiente¹³ En el manejo del inventario, es importante entender los sacrificios que comprende el uso de distintos tipos de lógica de control de inventarios. La siguiente ilustración es un marco de trabajo que muestra la forma en que las características de la demanda, el costo de las transacciones y el riesgo de un inventario obsoleto afectan los distintos sistemas. El costo de las transacciones depende de los niveles de integración y automatización incorporados en un sistema. Los sistemas manuales, como la

¹³ CHASES, Richard B, ROBERT JACOBS, F. Administración de operaciones: producción y cadena de suministros. Decimotercera edición. McGraw-Hill/interamericana editores. S.A. de C.V. 2014,2009.

lógica sencilla, dependen de la participación del ser humano en la reposición de inventarios, que es relativamente costosa en comparación con el uso de una computadora para detectar automáticamente cuando es necesario pedir una pieza. La integración se relaciona con la conexión entre los sistemas. Por ejemplo, es común que los pedidos de material se transfieran automáticamente a los proveedores de manera electrónica y que el sistema de control de inventarios del proveedor capture estos pedidos también en forma automática. Este tipo de integración reduce en gran medida el costo de las transacciones.

El riesgo a la obsolescencia también es una consideración importante. Si una pieza se usa con poca frecuencia o sólo para un propósito específico, existe un riesgo considerable al utilizar la lógica de control de inventarios de que no registre la fuente específica de su demanda. Además, es necesario manejar con cuidado las piezas sensibles a la obsolescencia tecnológica, como los chips de memoria para computadora y los procesadores, basándose en la necesidad real de reducir el riesgo de quedarse con un inventario pasado de moda. Una característica importante de la demanda se relaciona con el hecho de si ésta se deriva de una pieza final o si se relaciona con la pieza misma. Se usan los términos demanda independiente y dependiente.

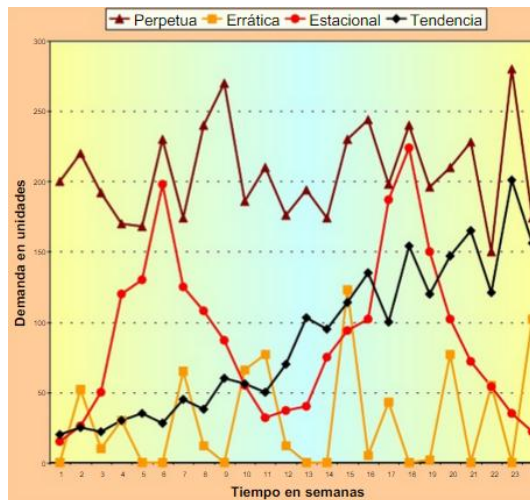
Figura 23. Matriz de diseño del sistema de control de inventarios.



Fuente: CHASES, Richard B, ROBERT JACOBS, F. Administración de operaciones: producción y cadena de suministros. Decimotercera edición. McGraw-Hill/interamericana editores. S.A. de C.V. 2014,2009. Pág.550

Otro aspecto de fundamental importancia para el diseño de un sistema de administración de inventarios es el patrón que sigue la demanda. El patrón de demanda más simple es el de *Demanda perpetua* o *estacionaria*, la cual se mantiene por largos períodos de tiempo y su fluctuación se mantiene dentro de rangos “pequeños”. Otro factor de demanda ocurre cuando se esperan picos en determinadas épocas del año, como es el caso de artículos de Navidad o productos relacionados con las estaciones climáticas. Este patrón de demanda se denomina *periódico* o *estacional*. El patrón de *demanda errática* tiene la característica de presentar grandes variaciones a lo largo del tiempo, pasando de períodos de cero demanda a grandes picos. La diferencia de entre este patrón y el periódico es que en el errático los picos no son predecibles. Pueden existir patrones de demanda que varían de un período a otro, como por ejemplo la demanda de cuadernos. En la época previa a la entrada a los colegios y universidades se presentan picos predecibles de demanda, mientras que entre estos picos la demanda puede catalogarse como relativamente estable. La siguiente imagen ilustra los diferentes patrones de demanda.

Figura 24. Diversos patrones de demanda.



Fuente: VIDAL HOLGUIN, Carlos Julio. Fundamentos de control y gestión de inventarios. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del valle, 2010. 436 p. (Colección Ciencias Sociales). Pág. 27

Una forma práctica de determinar si una demanda es perpetua o errática constituye en calcular el coeficiente de variación de la distribución de la demanda, definido como:

Coeficiente de Variación de la demanda

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

Ecuación 6

Si el coeficiente de variación es mayor o igual que 1, la demanda puede catalogarse como errática. En caso contrario, la demanda puede considerarse estacionaria o perpetua.

6.1.11 Pronósticos de demanda¹⁴ Prácticamente en todo proceso de decisión en cualquier tipo de organización debe pronosticarse una o más variables de interés. En una empresa del sector productivo, por ejemplo, es fundamental pronosticar los requerimientos de materiales necesarios para producir los bienes que ella manufactura; en un sistema financiero internacional es fundamental predecir el comportamiento del flujo de dinero y las tasas de cambio; en un sistema de servicios, como un restaurante de comidas rápidas, es muy importante pronosticar la carga de trabajo para asignar el número de personas adecuado que atenderá a los clientes en cierto período; en una empresa que comercializa productos, o sea que compra a un número de proveedores y vende el mismo producto a una población de clientes, se hace fundamental pronosticar la demanda que dichos clientes van a generar.

En cualquier caso, el sistema de pronósticos es fundamental para el cumplimiento de los objetivos de la organización y para el mejoramiento de su competitividad, ya que de no tomar las decisiones correctas, se puede caer en extremos como el

¹⁴ VIDAL HOLGUIN, Carlos Julio. Fundamentos de control y gestión de inventarios. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del valle, 2010. 436 p. (Colección Ciencias Sociales). Pág.

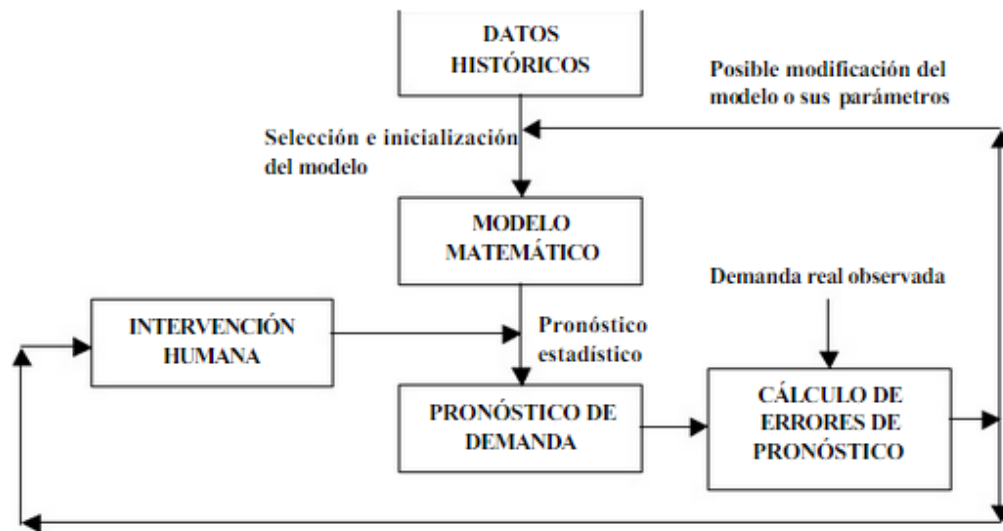
deficiente servicio al cliente, el exceso de inventarios o, peor aún, ambos factores en forma simultánea cuando se cuenta con inventarios desbalanceados.

El primer aspecto que debe tenerse en cuenta es que los pronósticos de demanda siempre estarán errados. Esto no es sorprendente ya que cuando se pronostica, se está anticipando lo que ocurrirá en el futuro. La clave del éxito de un sistema de gestión de inventarios es, por lo tanto, conocer a fondo los errores del pronóstico y responder a ellos en forma adecuada mediante la utilización de inventarios de seguridad. A continuación se detallan otros aspectos fundamentales que caracterizan un sistema de pronósticos.

La siguiente imagen presenta el ambiente general bajo el cual un sistema de pronósticos generalmente se desenvuelve. Es importante notar la importancia que tienen los registros históricos de demanda, ya que permiten una mejor selección del modelo a utilizar y su 'puesta a punto' para el arranque de los pronósticos, a través de métodos de simulación que se describirá posteriormente. Otro aspecto básico que siempre forma parte de un sistema de pronósticos es la intervención humana basada en la experiencia, con la cual se refinan los sugeridos brindados por el sistema, especialmente para los ítems clase A (los más importantes), los cuales requieren de un seguimiento continuo por parte de la administración.

Finalmente, nótese la importancia de los errores de pronóstico, los cuales son la fuente de análisis para determinar la conveniencia del modelo utilizado.

Figura 25. Ambiente común sistema de pronósticos.



Fuente: VIDAL HOLGUIN, Carlos Julio. Fundamentos de control y gestión de inventarios. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del valle, 2010. 436 p. (Colección Ciencias Sociales). Pág.34

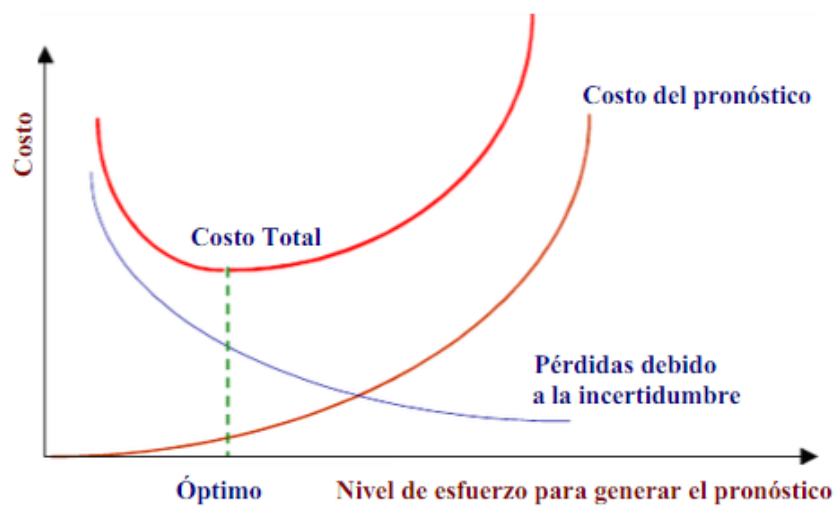
Los errores de pronóstico son fundamentales principalmente por tres razones:

- Proveen una forma de estimar la variabilidad de la demanda y de determinar la cantidad adecuada de inventario de seguridad, lo cual es fundamental para balancear los inventarios y evitar el problema de agotados de ítems clave y de exceso de ítems menos importantes.
- Permiten determinar la conveniencia del modelo de pronósticos seleccionado o del posible cambio de sus parámetros.
- Ilustran al administrador para su intervención en el pronóstico.

Otro aspecto importante inherente a un sistema de pronósticos es el costo total del sistema escogido. Entre más sofisticado sea el sistema de pronósticos, probablemente se podrá pronosticar mejor la demanda y su variabilidad, pero a la vez esto tendrá un mayor costo al requerirse mayor esfuerzo humano y de computación. Si por el contrario se utiliza un sistema de pronósticos menos complejo, los costos de operación del sistema serán menores, pero la precisión de

los pronósticos será menor, lo que puede causar pérdidas debidas a la presencia de mayores fuentes de variabilidad. Claramente, y como se muestra en la siguiente imagen, el sistema de pronósticos ideal debería operar cerca de la zona donde el costo total es mínimo. El arte del analista consiste en seleccionar, de acuerdo con esto y con las condiciones particulares de su organización, el mejor sistema de pronósticos.

Figura 26. Costos en un sistema de pronósticos

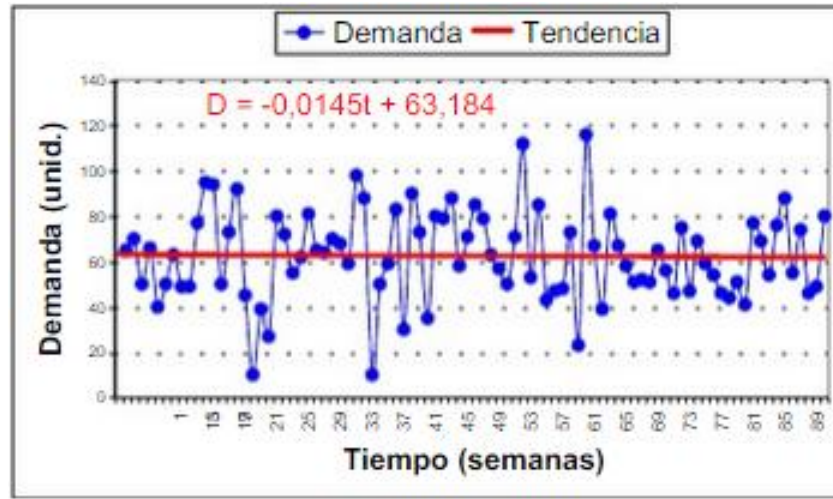


Fuente: VIDAL HOLGUIN, Carlos Julio. Fundamentos de control y gestión de inventarios. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del valle, 2010. 436 p. (Colección Ciencias Sociales). Pág. 35

Nótese que desde un comienzo se ha venido hablando de '**pronósticos de demanda**'. Esto significa que nuestra variable de interés es la demanda de los ítems que mantenemos en inventario. Un error muy común es pronosticar las **ventas** y no la demanda. La diferencia fundamental aquí es que cuando no ocurre una venta, sí pudo haber ocurrido una demanda, la cual no pudimos satisfacer por no tener disponible el producto. También puede presentarse una venta parcial por no disponer de la totalidad de la cantidad demandada. Esta demanda se denominará de ahora en adelante "**demanda no servida**".

6.1.12 Análisis de datos históricos y patrones de demanda¹⁵ El análisis de los datos históricos de demanda es fundamental para la correcta selección del método de pronósticos y su puesta en marcha. Existen diversos patrones de demanda los cuales se mostraron anteriormente.

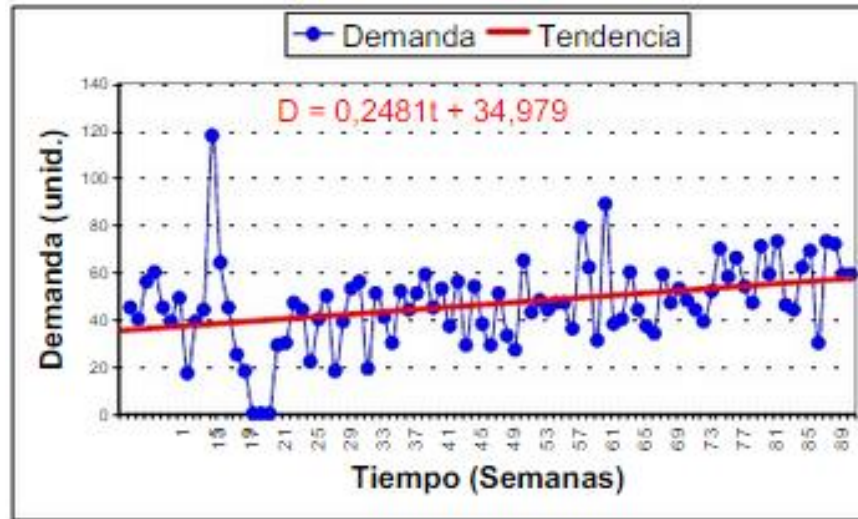
Figura 27. Patrón de demanda perpetúa



Fuente. VIDAL HOLGUIN, Carlos Julio. Fundamentos de control y gestión de inventarios. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del valle, 2010. 436 p. (Colección Ciencias Sociales). Pág. 42

¹⁵ VIDAL HOLGUIN, Carlos Julio. Fundamentos de control y gestión de inventarios. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del valle, 2010. 436 p. (Colección Ciencias Sociales).

Figura 28. Patrón de demanda perpetúa



Fuente. VIDAL HOLGUIN, Carlos Julio. Fundamentos de control y gestión de inventarios. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del valle, 2010. 436 p. (Colección Ciencias Sociales). Pág. 43

Las anteriores figuras ilustran algunos de los patrones mostrados anteriormente. En ellas se han representado los datos de demanda contra tiempo y se ha dibujado la tendencia de la demanda mediante regresión lineal simple. Existe un método de pronósticos adecuado para cada uno de estos patrones de demanda, el cual debe experimentarse y evaluarse con la utilización de datos históricos.

Por medio de la siguiente imagen se sugiere un sistema de pronóstico según el tipo de patrón de demanda.

Tabla 6. Los sistemas de pronósticos y patrón de demanda.

PATRÓN DE DEMANDA	SISTEMA DE PRONÓSTICO RECOMENDADO
Perpetua o uniforme	Promedio móvil o suavización exponencial simple
Con tendencia creciente o decreciente	Suavización exponencial doble
Estacional o periódica	Modelos periódicos de Winters
Demandas altamente correlacionadas	Métodos integrados de promedios móviles auto-regresivos (ARIMA)
Errática (Ítems clase A de bajo movimiento)	Pronóstico combinado de tiempo entre la ocurrencia de demandas consecutivas y la magnitud de las transacciones individuales

Fuente: VIDAL HOLGUIN, Carlos Julio. Fundamentos de control y gestión de inventarios. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del valle, 2010. 436 p. (Colección Ciencias Sociales). Pág. 45.

6.1.13 Sistemas de inventario¹⁶ Un sistema de inventario proporciona la estructura organizacional y las políticas operativas para mantener y controlar los bienes en existencia. El sistema es responsable de pedir y recibir los bienes: establecer el momento de hacer los pedidos y llevar un registro de lo que se pidió, la cantidad ordenada y a quién. El sistema también debe realizar un seguimiento para responder preguntas como: ¿El proveedor recibió el pedido? ¿Ya se envió? ¿Las fechas son correctas? ¿Se establecieron los procedimientos para volver a pedir o devolver la mercancía defectuosa?

Los sistemas de inventario se dividen en sistemas de un periodo y de periodos múltiples. La clasificación se basa en si la decisión es una decisión de compra única en la que la compra está diseñada para cubrir un periodo fijo y la pieza no se va a volver a pedir, o si la decisión comprende una pieza que se va a adquirir en forma periódica y es necesario mantener un inventario para utilizarla según la

¹⁶ CHASES, Richard B, ROBERT JACOBS, F. Administración de operaciones: producción y cadena de suministros. Decimotercera edición. McGraw-Hill/interamericana editores. S.A. de C.V. 2014,2009.

demanda. Primero se estudia el modelo de decisión de compra e inventario de periodo único.

6.1.14 Modelo de inventario de periodo único.¹⁷ Ciertamente, un ejemplo fácil a considerar es el problema clásico del “voceador”. Piénsese en el problema que tiene un voceador al decidir cuántos periódicos exhibir cada mañana en el puesto que tiene en las afueras del vestíbulo de un hotel. Si esta persona no coloca los suficientes periódicos en el puesto, algunos clientes no podrán comprar el diario y el voceador perderá las ganancias relacionadas con esas ventas. Por otra parte, si coloca demasiados periódicos, el voceador tendrá que pagar aquellos que no se vendan durante el día, reduciendo sus ganancias de la jornada.

Una forma sencilla de pensar en esta situación es considerando el riesgo que una persona está dispuesta a correr de que el inventario se agote. Considérese que el voceador que vende periódicos en el puesto ha recopilado información durante algunos meses y se ha dado cuenta de que, en promedio, cada lunes se venden 90 periódicos con una desviación estándar de 10 (desde luego, esto supone que los periódicos nunca se han agotado). Con estos datos, el voceador podría establecer un índice de servicio aceptable. Por ejemplo, quizás el voceador quiera estar 80% seguro de que no se va a quedar sin periódicos los lunes.

Suponiendo que la distribución de probabilidad relacionada con la venta de periódicos es normal y si coloca exactamente 90 periódicos todos los lunes por la mañana, el riesgo de que se agoten sería de 50%, ya que 50% del tiempo se espera que la demanda sea menor de 90 periódicos y el otro 50% del tiempo, se espera que la demanda sea mayor de 90. Para estar 80% seguros de que el inventario no se va a agotar, se tienen que manejar algunos periódicos adicionales. En la tabla de la “distribución normal estándar acumulada” del

¹⁷ CHASES, Richard B, ROBERT JACOBS, F. Administración de operaciones: producción y cadena de suministros. Decimotercera edición. McGraw-Hill/interamericana editores. S.A. de C.V. 2014,2009.

apéndice E, se ve que se necesitan aproximadamente 0.85 desviaciones estándar de periódicos adicionales para tener la seguridad de que no se van a agotar.

Para que este modelo sea más útil, sería bueno considerar las ganancias y pérdidas potenciales asociadas con almacenar demasiados o muy pocos periódicos en el puesto. Sea que el voceador paga 20 centavos de dólar por cada periódico y lo vende a 50 centavos de dólar. En este caso, el costo marginal de sobrestimar la demanda es de 20 centavos, el costo de comprar demasiados periódicos. El nivel de inventario óptimo, utilizando el análisis marginal, ocurre en el punto en que los beneficios esperados derivados de manejar la siguiente unidad son menores que los costos esperados para esa unidad. Tenga presente que los beneficios y costos específicos dependen del problema. En términos simbólicos, defina C_o = Costo por unidad de la demanda sobrestimada y C_u = Costo por unidad de la demanda subestimada.

Con la introducción de probabilidades, la ecuación del costo marginal esperado se vuelve:

$$P(C_o) \leq (1 - P)C_u \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde P es la probabilidad de que la unidad no se venda y $1 - P$ es la probabilidad de que sí se venda, porque debe ocurrir uno u otro evento (la unidad se vende o no se vende). Entonces, al despejar P se obtiene.

$$P \leq \frac{C_u}{C_u + C_o} \quad \text{Ecuación 8}$$

Esta ecuación establece que se debe continuar para aumentar el tamaño del pedido, siempre y cuando la probabilidad de no vender lo que se pide sea igual o

menor que la razón $Cu/(Co + Cu)$. Este modelo es muy útil y, incluso se puede usar para muchos problemas del sector de los servicios.

6.1.15 Sistema de inventario de varios periodos¹⁸ Existen dos tipos generales de sistemas de inventario de varios periodos: los modelos de cantidad de pedido fija (también llamado cantidad de pedido económico, EOQ —economic order quantity— y modelo Q) y modelos de periodo fijo (conocidos también como sistema periódico, sistema de revisión periódica, sistema de intervalo fijo y modelo P). Los sistemas de inventario de varios periodos están diseñados para garantizar que una pieza estará disponible todo el año. Por lo general, la pieza se pide varias veces en el año; la lógica del sistema indica la cantidad real pedida y el momento del pedido.

La distinción fundamental es que los modelos de cantidad de pedido fija se basan en los eventos y los modelos de periodo fijo se basan en el tiempo. Es decir, un modelo de cantidad de pedido fija inicia un pedido cuando ocurre el evento de llegar a un nivel específico en el que es necesario volver a hacer un pedido. Este evento puede presentarse en cualquier momento, dependiendo de la demanda de las piezas consideradas. En contraste, el modelo de periodo fijo se limita a hacer pedidos al final de un periodo determinado; el modelo se basa sólo en el paso del tiempo.

Para utilizar el modelo de cantidad de pedido fija (que hace un pedido cuando el inventario restante baja a un punto predeterminado, R), es necesario vigilar continuamente el inventario restante. Por lo tanto, el modelo de cantidad de pedido fija es un sistema perpetuo, que requiere de que, cada vez que se haga un retiro o una adición al inventario, se actualicen los registros para que reflejen si se ha llegado al punto en que es necesario volver a pedir. En un modelo de periodo fijo,

¹⁸ CHASES, Richard B, ROBERT JACOBS, F. Administración de operaciones: producción y cadena de suministros. Decimotercera edición. McGraw-Hill/interamericana editores. S.A. de C.V. 2014,2009.

el conteo se lleva a cabo sólo en el periodo de revisión (se estudiarán algunas variaciones de los sistemas que combinan características de ambos).

Tabla 7. Diferencias entre cantidad de periodo fija y periodo fijo.

CARACTERÍSTICA	MODELO Q	MODELO P
	MODELO DE CANTIDAD DE PEDIDO FIJA	MODELO DE PERIODO FIJO
Cantidad del pedido	Q, constante (siempre se pide la misma cantidad)	q, variable (varía cada vez que se hace un pedido)
Dónde hacerlo	R, cuando la posición del inventario baja al nivel de volver a pedir	T, cuando llega el periodo de revisión
Registros	Cada vez que se realiza un retiro o una adición	Sólo se cuenta en el periodo de revisión
Tamaño del inventario	Menos que el modelo de periodo fijo	Más grande que el modelo de cantidad de pedido fija
Tiempo para mantenerlo	Más alto debido a los registros perpetuos	
Tipo de pieza	Piezas de precio más alto, críticos o importantes	

Fuente: CHASES, Richard B, ROBERT JACOBS, F. Administración de operaciones: producción y cadena de suministros. Decimotercera edición. McGraw-Hill/interamericana editores. S.A. de C.V. 2014,2009. Pag.554.

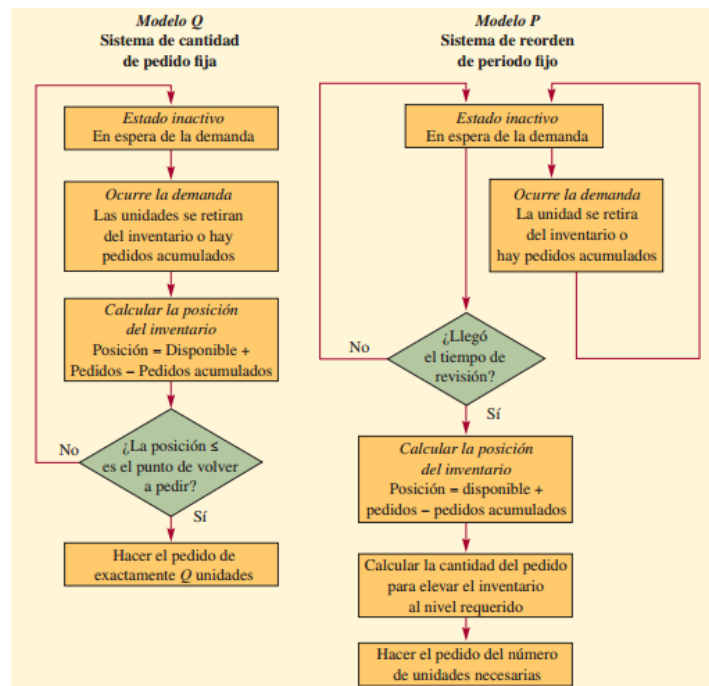
Algunas diferencias adicionales tienden a influir en la elección de los sistemas:

- El modelo de periodo fijo tiene un inventario promedio más numeroso porque también debe ofrecer una protección contra faltantes durante el periodo de revisión, T; el modelo de cantidad de pedido fija no tiene periodo de revisión.
- El modelo de cantidad de pedido fija favorece las piezas más caras, porque el inventario promedio es más bajo.
- El modelo de cantidad de pedido fija es más apropiado para las piezas importantes como las piezas críticas, porque hay una supervisión más estrecha y por lo tanto una respuesta más rápida a tener unidades faltantes en potencia.
- El modelo de cantidad de pedido fija requiere de más tiempo para su mantenimiento porque se registra cada adición y cada retiro.

La siguiente ilustración muestra lo que ocurre cuando cada uno de los dos modelos se pone en uso y se convierte en un sistema operativo. Como se ve, el sistema de cantidad de pedido fija se enfoca en las cantidades de pedidos y los puntos en que es necesario volver a pedir. En cuanto al procedimiento, cada vez que se toma una unidad del inventario, se registra el retiro y la cantidad restante se compara de inmediato con el punto de volver a hacer un pedido. Si está por debajo de este punto, se piden Q piezas. De lo contrario, el sistema permanece en estado inactivo hasta el próximo retiro.

En el sistema de periodo fijo, se toma la decisión de hacer un pedido después de contar o revisar el inventario. El hecho de hacer un pedido o no depende de la posición del inventario en ese momento.

Figura 29. Comparación de los sistemas de inventario de cantidad de pedido fija y periodo fijo.



Fuente CHASES, Richard B, ROBERT JACOBS, F. Administración de operaciones: producción y cadena de suministros. Decimotercera edición. McGraw-Hill/interamericana editores. S.A. de C.V. 2014,2009. Pág. 555

6.1.16 Modelos de cantidad de pedido fija¹⁹ Los modelos de cantidad de pedido fija tratan de determinar el punto específico, R, en que se hará un pedido, así como el tamaño de éste, Q. El punto de pedido, R, siempre es un número específico de unidades. Se hace un pedido de tamaño Q cuando el inventario disponible (actualmente en existencia o en pedido) llega al punto R. La posición del inventario se define como la cantidad disponible más la pedida menos los pedidos acumulados. La solución para un modelo de cantidad de pedido fija puede estipular algo así: cuando la posición del inventario baje a 36, hacer un pedido de 57 unidades más.

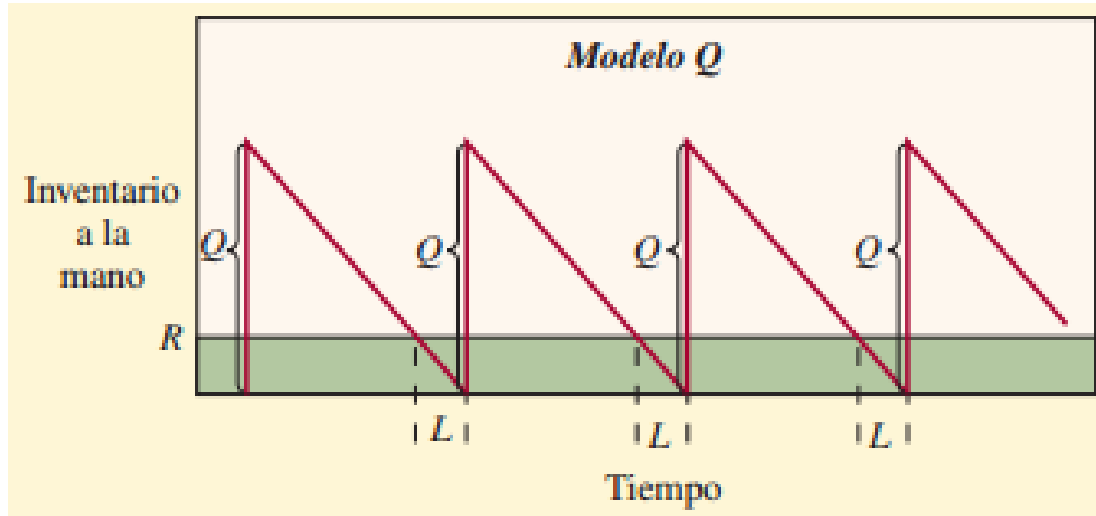
Los modelos más sencillos en esta categoría ocurren cuando se conocen con certeza todos los aspectos de la situación. Si la demanda anual de un producto es de 1 000 unidades, es precisamente de 1 000, no de 1 000 más o menos 10%. Lo mismo sucede con los costos de preparación y mantenimiento. Aunque la suposición de una certeza total rara vez es válida, ofrece una base adecuada para la cobertura de los modelos de inventario.

El análisis acerca de derivar la cantidad de pedido óptima se basan en las siguientes características del modelo. Estas suposiciones son irreales, pero representan un punto de partida y permiten usar un ejemplo sencillo.

- La demanda del producto es constante y uniforme durante todo el periodo.
- El tiempo de entrega (tiempo para recibir el pedido) es constante.
- El precio por unidad del producto es constante.
- El costo por mantener el inventario se basa en el inventario promedio.
- Los costos de pedido o preparación son constantes.
- Se van a cubrir todas las demandas del producto (no se permiten pedidos acumulados).

¹⁹ CHASES, Richard B, ROBERT JACOBS, F. Administración de operaciones: producción y cadena de suministros. Decimotercera edición. McGraw-Hill/interamericana editores. S.A. de C.V. 2014,2009.

Figura 30. Modelo básico de cantidad de pedido fijo.



Fuente. CHASES, Richard B, ROBERT JACOBS, F. Administración de operaciones: producción y cadena de suministros. Decimotercera edición. McGraw-Hill/interamericana editores. S.A. de C.V. 2014,2009. Pag.556

El “efecto sierra” relacionado con Q y R en la ilustración permite que cuando la posición del inventario baja al punto R, se vuelve a hacer un pedido. Este pedido se recibe al final del periodo L, que no varía en este modelo.

Al construir cualquier modelo de inventario, el primer paso consiste en desarrollar una relación funcional entre las variables de interés y la medida de efectividad. En este caso, como preocupa el costo, la ecuación siguiente es apropiada:

$$\begin{aligned} \text{Costo anual} &= \text{costo de compra anual} + \text{costo de pedidos anual} \\ &+ \text{costo de mantenimiento anual} \end{aligned} \quad \text{Ecuación 9}$$

$$TC = DC + \frac{D}{Q} * S + \frac{Q}{2} * H \quad \text{Ecuación 10}$$

Dónde:

TC = Costo anual total.

D = Demanda (anual).

C = Costo por unidad.

Q = Cantidad a pedir (la cantidad óptima se conoce como cantidad económica de pedido, EOQ o Q_{opt}).

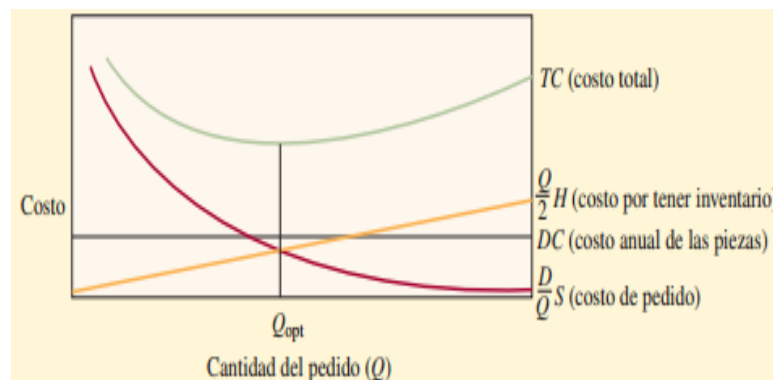
S = Costo de preparación o costo de hacer un pedido R = Punto de volver a pedir

L = Tiempo de entrega.

H = Costo anual de mantenimiento y almacenamiento por unidad de inventario promedio (a menudo, el costo de mantenimiento se toma como un porcentaje del costo de la pieza, como $H = iC$, donde i es un porcentaje del costo de manejo).

Del lado derecho de la ecuación, DC es el costo de compra anual para las unidades, $(D/Q) S$, es el costo de pedido anual (el número real de pedidos hechos, D/Q , por el costo de cada pedido, S) y $(Q/2) H$ es el costo de mantenimiento anual (el inventario promedio, $Q/2$, por el costo de mantenimiento y almacenamiento de cada unidad, H). Estas relaciones entre los costos se muestran en la siguiente gráfica.

Figura 31. Costos anuales con base en tamaño de pedido.



Fuente: CHASES, Richard B, ROBERT JACOBS, F. Administración de operaciones: producción y cadena de suministros. Decimotercera edición. McGraw-Hill/interamericana editores. S.A. de C.V. 2014,2009. Pag.557

El segundo paso en el desarrollo de modelos consiste en encontrar la cantidad de pedidos Q_{opt} en la que el costo total es el mínimo. En la ilustración, el costo total es mínimo en el punto en el que la pendiente de la curva es cero. Utilizando el cálculo, se toma la derivada del costo total con respecto a Q y se hace igual a cero. Para el modelo básico que aquí se estudia, los cálculos son:

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad \text{Ecuación 11}$$

Como este modelo sencillo supone una demanda y un tiempo de entrega constantes, no es necesario tener inventario de seguridad y el punto de volver a pedir, R , simplemente es:

$$R = d * L \quad \text{Ecuación 12}$$

Dónde:

d = Demanda diaria promedio (constante)

L = Tiempo de entrega en días (constante)

6.1.17 EOQ (Cantidad Económica de Pedido) o modelo de Wilson.²⁰ La cantidad económica de pedido (EOQ) es el número de unidades que una empresa debe agregar al inventario con cada fin de minimizar los costos totales de inventario, tales como los costos de mantenimiento, costes de la orden y los costos de escasez. Este modelo funciona de acuerdo con las siguientes suposiciones:

El EOQ se utiliza como parte de un sistema de revisión de inventario continuo en el que el nivel de inventario se vigila en todo momento y una cantidad fija se

²⁰ VIDAL HOLGUIN, Carlos Julio. Fundamentos de control y gestión de inventarios. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del valle, 2010. 436 p. (Colección Ciencias Sociales).

ordena cada vez que el nivel de inventario alcanza un punto de pedido específico. La EOQ proporciona un modelo para calcular el punto de pedido correspondiente y la cantidad óptima de pedido para asegurar la reposición instantánea de inventario sin escasez. Puede ser una herramienta valiosa para los dueños de pequeños negocios que necesitan para tomar decisiones sobre la cantidad de inventario para mantener a la mano, el número de elementos a la orden cada vez y con qué frecuencia para reordenar a incurrir en los costos más bajos posibles.

El modelo EOQ supone que la demanda es constante, y que el inventario se agota a una tasa fija hasta llegar a cero. En ese momento, un número específico de artículos llegan a devolver el inventario a su nivel inicial. Dado que el modelo asume reposición instantánea, no hay escasez de inventario o costos asociados. Por lo tanto, el costo del inventario bajo el modelo EOQ supone un compromiso entre costos de mantener inventario (el costo de almacenamiento, así como el costo de inmovilización de capital en inventario en lugar de invertir o utilizarla para otros fines) y costes de la orden (cualquier cargos asociados con la colocación de órdenes, como los gastos de envío). Pedido de una gran cantidad de una sola vez aumentará los costos de retención de un pequeño negocio, al tiempo que los pedidos más frecuentes de menos elementos que reducirá los costos de mantenimiento, sino aumentar los costes del pedido. El modelo EOQ encuentra la cantidad que minimiza la suma de estos costos.

Dicho modelo considera los siguientes parámetros:

D: Demanda. Unidades por año.

S: Costo de emitir una orden.

H: Costo asociado a mantener una unidad en inventario en un año.

Q: Cantidad a ordenar.

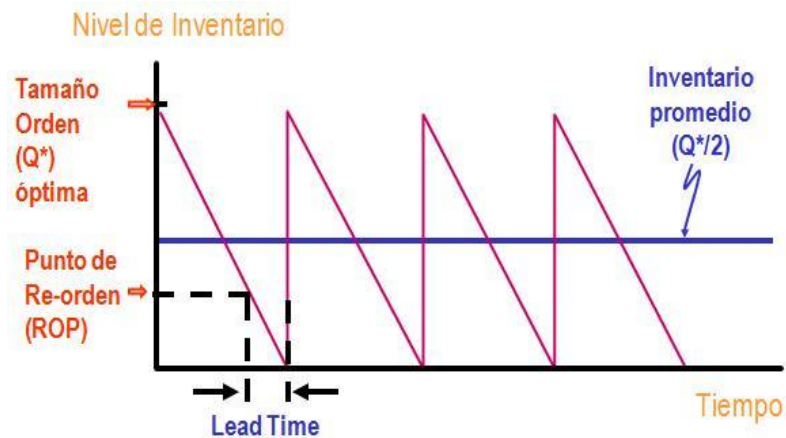
En consecuencia el costo anual de mantener unidades en inventario es $H * Q/2$ y el costo de emitir órdenes para el mismo período es $S * D/Q$.

La siguiente fórmula para el modelo EOQ que determina la cantidad óptima de pedido:

$$Q = \frac{\sqrt{2DS}}{H} \quad \text{Ecuación 13}$$

Para un mejor entendimiento de la metodología se presenta el siguiente gráfico.

Figura 32. EOQ cantidad económica de pedido.



Fuente. Casaña

La cantidad económica de pedido que minimiza el costo total es calcula por medio de la fórmula conocida como fórmula de Wilson, dado que este la popularizo hacia 1934, pero fue desarrollada por Harris 20 años antes.

La ecuación de Wilson describe una parábola ascendente la cual es el resultado de la suma del costo del lote pedido y el costo de mantener el inventario, teniendo en cuenta que al hacer pedidos más grandes se puede llegar a conseguir un precio más bajo debido a descuentos otorgados por el vendedor y se incurren en menos gastos de compras.

6.1.17.1 El concepto del Costo Total Relevante (TRC)²¹ Se utiliza el concepto del *Costo Total Relevante (TRC)* para diseñar la estructura de la función objetivo. Este costo puede incluir los siguientes componentes:

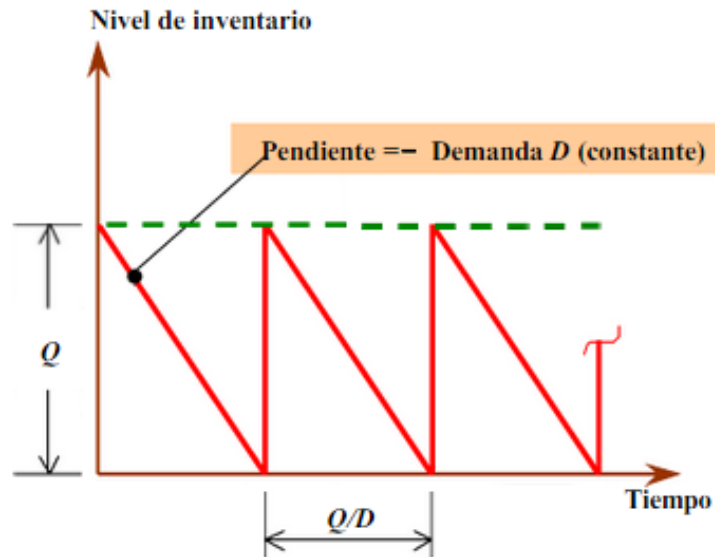
- Costos de compra o producción y de ordenamiento o preparación.
- Costos de mantenimiento del inventario.
- Costos de faltantes de inventario (ventas perdidas u órdenes pendientes).
- Costos de control del sistema.

Costos de planeación de producción mediante el cambio de la fuerza laboral y las ratas de producción. Los dos últimos costos no son relevantes para el sistema y para el caso del control del inventario de ítems individuales considerados aquí. De igual manera, el costo de faltantes de inventario no será incluido en el análisis inicial, de acuerdo con las suposiciones establecidas anteriormente. Por lo tanto, el **TRC** está dado aquí por los dos primeros componentes de costo listados arriba.

La situación de inventarios típica descrita en esta sección se muestra en la siguiente figura.

²¹ VIDAL HOLGUIN, Carlos Julio. Fundamentos de control y gestión de inventarios. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del valle, 2010. 436 p. (Colección Ciencias Sociales).

Figura 33. Nivel de inventario para determinar tamaño óptimo de pedido.



Fuente: VIDAL HOLGUIN, Carlos Julio. Fundamentos de control y gestión de inventarios. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del valle, 2010. 436 p. (Colección Ciencias Sociales). Pág.

Considérense los siguientes parámetros:

A = El costo de ordenamiento [\$/orden]

D = La demanda del ítem [unidades/unidad de tiempo]

r = El costo de mantener el inventario [%/unidad de tiempo]

v = El valor unitario del ítem [\$/unidad]

- Variable de decisión

Q = Tamaño del pedido [unidades]

- Función objetivo.

$TRC(Q)$ = El costo total relevante en función de Q [\$/unidad de tiempo]

6.1.17.2 Derivación del tamaño óptimo de pedido²² Es importante primero pensar porqué se asume a priori que la mejor solución es ordenar siempre la misma cantidad Q . Esto es así gracias al supuesto de que todos los parámetros son estacionarios, o sea que no varían significativamente con el tiempo. Además, dado que la demanda es determinística, que el tiempo de reposición es igual a cero y que no se incluyen órdenes pendientes en el análisis, se concluye que lo mejor es ordenar cuando el inventario disponible alcance el nivel cero.

A consecuencia de lo anterior, las dos primeras preguntas básicas (cuándo revisar el inventario y cuándo ordenar) están respondidas. Sólo resta determinar la cantidad óptima de pedido EOQ .

De la figura anterior es claro que el tiempo que transcurre entre órdenes es igual a Q/D . Normalmente, se utiliza como tiempo de referencia un año. Por lo tanto, el número de pedidos que se realiza en un año es igual a D/Q . El costo anual incurrido por las reposiciones C_r es por lo tanto:

$$C_r = (A + Q * v) * \frac{D}{Q} \quad \text{Ecuación 14}$$

$$C_r = \frac{A * D}{Q} + D * v \quad \text{Ecuación 15}$$

El término Dv es constante en este caso, pues no se consideran descuentos, y por lo tanto no es necesario considerarlo en la función objetivo. El costo anual de llevar el inventario viene dado por el término C_c para designar este costo, o sea:

$$C_c = \bar{I} * v * r \quad \text{Ecuación 16}$$

²² VIDAL HOLGUIN, Carlos Julio. Fundamentos de control y gestión de inventarios. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del valle, 2010. 436 p. (Colección Ciencias Sociales). Pág.

En general, el inventario promedio viene dado por:

$$\bar{I} = \frac{\int_0^t I(t) dt}{\int_0^t dt} \quad \text{Ecuación 17}$$

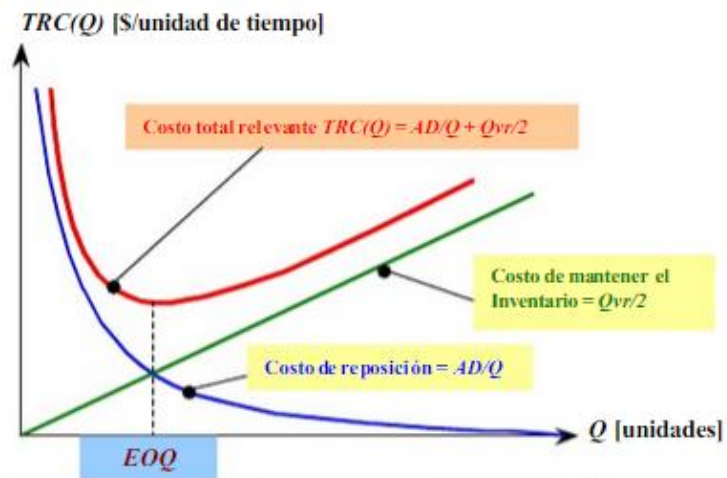
Esta expresión representa el área bajo la curva del inventario disponible contra el tiempo, dividida entre el tiempo correspondiente. En este caso, se deduce fácilmente que el inventario promedio es $Q/2$. Por lo tanto, el costo anual de llevar el inventario es:

$$C_c = \frac{Q}{2} * v * r \quad \text{Ecuación 18}$$

El costo total relevante considerado aquí es por lo tanto:

$$TRC(Q) = \frac{A * D}{Q} + \frac{Q * v * r}{2} \quad \text{Ecuación 19}$$

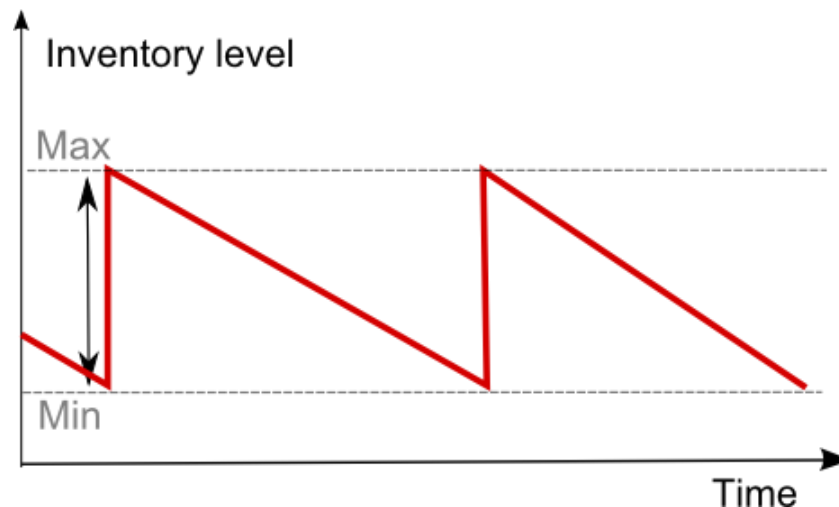
Figura 34. Costo Total Relevante en función del tamaño de pedido.



Fuente: VIDAL HOLGUIN, Carlos Julio. Fundamentos de control y gestión de inventarios. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del valle, 2010. 436 p. (Colección Ciencias Sociales). Pág.

6.1.18 Máximos y mínimos. El método de pedido de inventario min/Máx es un mecanismo de reorden básico que ha sido implementado en muchos ERP y otros tipos de software de gestión de inventario. El valor "Mín" representa el nivel de existencias que desencadena una reorden, mientras que el valor "Máx" representa un nuevo nivel de existencias objetivo que le sigue a la reorden. La diferencia entre el Mín y el Máx a menudo se interpreta como la cantidad económica de la orden (EOQ). Y si bien la planificación de inventario Mín/Máx es un método bastante rudimentario para el pedido de inventario, las configuraciones de Mín/Máx se pueden ajustar en modo dinámico para ofrecer un mejor rendimiento del inventario.

Figura 35. Planeación de inventario min/max.



Fuente. <http://www.lokad.com/es/definicion-de-planificacion-de-inventario-min-max>

Cuando el total de existencias alcanza el valor Mín, se desencadena una reorden. La cantidad de la reorden apunta al valor Máx para el nuevo nivel de existencias total; por lo tanto, la cantidad de la reorden es la diferencia entre Máx y Mín (es decir, Máx menos Mín).

En su forma original, el pedido Mín/Máx era considerado un método bastante estático de control de inventario en el que los valores Mín/Máx raramente se

modificaban, tal vez unas pocas veces por año. Con frecuencia se utilizaba el análisis ABC para ayudar a que los encargados pasaran más tiempo revisando artículos "A", que tradicionalmente requieren más atención que los artículos "B" o "C".

6.1.19 Establecimiento de inventarios de seguridad.²³ El modelo anterior supone que la demanda es constante y conocida. Sin embargo, en la mayor parte de los casos, la demanda no es constante, sino que varía de un día para otro. Por lo tanto, es necesario mantener inventarios de seguridad para ofrecer cierto nivel de protección contra las existencias agotadas. El inventario de seguridad se define como las existencias que se manejan además de la demanda esperada. En una distribución normal, ésta sería la media. Por ejemplo, si la demanda mensual promedio es de 100 unidades y se espera que el próximo mes sea igual, si se manejan 120 unidades, se tienen 20 unidades de inventario de seguridad.

El inventario de seguridad se puede determinar con base en varios criterios diferentes. Un enfoque común es que una compañía establezca que cierto número de semanas de suministros se van a almacenar en el inventario. Sin embargo, es mejor utilizar un enfoque que capte la variabilidad en la demanda.

Por ejemplo, un objetivo puede ser algo así como “establecer el nivel de inventario de seguridad de modo que sólo haya 5% de probabilidad de que las existencias se agoten en caso de que la demanda exceda las 300 unidades”. A este enfoque de establecer los inventarios de seguridad se le conoce como enfoque de probabilidad.

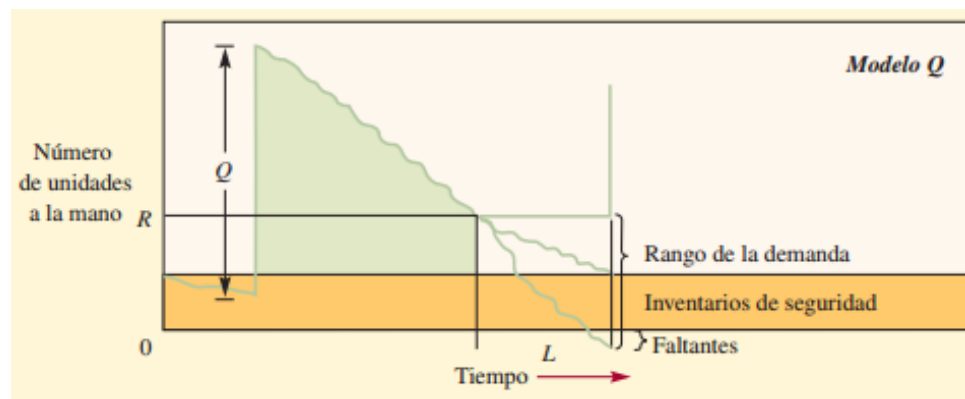
Es muy fácil utilizar el criterio de la probabilidad para determinar los inventarios de seguridad. Con los modelos descritos, se supone que la demanda en un periodo

²³ CHASES, Richard B, ROBERT JACOBS, F. Administración de operaciones: producción y cadena de suministros. Decimotercera edición. McGraw-Hill/interamericana editores. S.A. de C.V. 2014,2009.

tiene una distribución normal con una media y una desviación estándar. Este enfoque sólo considera la probabilidad de quedarse sin inventario, no la cantidad de unidades faltantes. Para determinar la probabilidad de un faltante durante el periodo, simplemente se traza una distribución normal para la demanda esperada y se observa el lugar de la curva en que cae la cantidad disponible.

6.1.20 Modelo de cantidad de pedido fija con inventarios de seguridad.²⁴ Un sistema de cantidad de pedido fija vigila en forma constante el nivel del inventario y hace un pedido nuevo cuando las existencias alcanzan cierto nivel, R . El peligro de tener faltantes en ese modelo ocurre sólo durante el tiempo de entrega, entre el momento de hacer un pedido y su recepción. Como muestra la siguiente imagen, se hace un pedido cuando la posición del inventario baja al punto de volver a pedir, R . Durante este tiempo de entrega, L , es posible que haya gran variedad de demandas. Esta variedad se determina a partir de un análisis de los datos sobre la demanda pasada o de un estimado (en caso de no contar con información sobre el pasado).

Figura 36. Modelo de cantidad de pedido fija con inventarios de seguridad.



Fuente: CHASES, Richard B, ROBERT JACOBS, F. Administración de operaciones: producción y cadena de suministros. Decimotercera edición. McGraw-Hill/interamericana editores. S.A. de C.V. 2014,2009. Pag.560

²⁴ CHASES, Richard B, ROBERT JACOBS, F. Administración de operaciones: producción y cadena de suministros. Decimotercera edición. McGraw-Hill/interamericana editores. S.A. de C.V. 2014,2009.

El inventario de seguridad depende del nivel de servicio deseado, como ya se vio. La cantidad que se va a pedir, Q , se calcula de la manera normal considerando la demanda, el costo de faltantes, el costo de pedido, el costo de mantenimiento, etc. Es posible usar un modelo de cantidad de pedido fija para calcular Q , como el modelo simple Q_{opt} que se estudió arriba. Entonces, se establece el punto de volver a pedir para cubrir la demanda esperada durante el tiempo de entrega más el inventario de seguridad determinados por el nivel de servicio deseado. Por lo tanto, la diferencia clave entre un modelo de cantidad de pedido fija en el que se conoce la demanda y otro en el que la demanda es incierta radica en el cálculo del punto de volver a pedir. La cantidad del pedido es la misma en ambos casos. En los inventarios de seguridad se toma en cuenta el elemento de la incertidumbre. El punto de volver a pedir es:

$$R = dL + z\sigma_L \quad \text{Ecuación 20}$$

Dónde:

R = Punto de volver a pedir en unidades.

d = Demanda diaria promedio.

L = Tiempo de entrega en días (tiempo transcurrido entre que se hace y se recibe el pedido).

z = Número de desviaciones estándar para una probabilidad de servicio específica.

σ_L = Desviación estándar del uso durante el tiempo de entrega.

El término $z\sigma_L$ es el inventario de seguridad. Observe que si estas existencias son positivas, el efecto es volver a pedir más pronto. Es decir, R sin inventario de seguridad simplemente es la demanda promedio durante el tiempo de entrega. Si el uso en el tiempo de entrega se espera que sea de 20, por ejemplo, y se calcula que el inventario de seguridad será de 5 unidades, el pedido se hará más pronto,

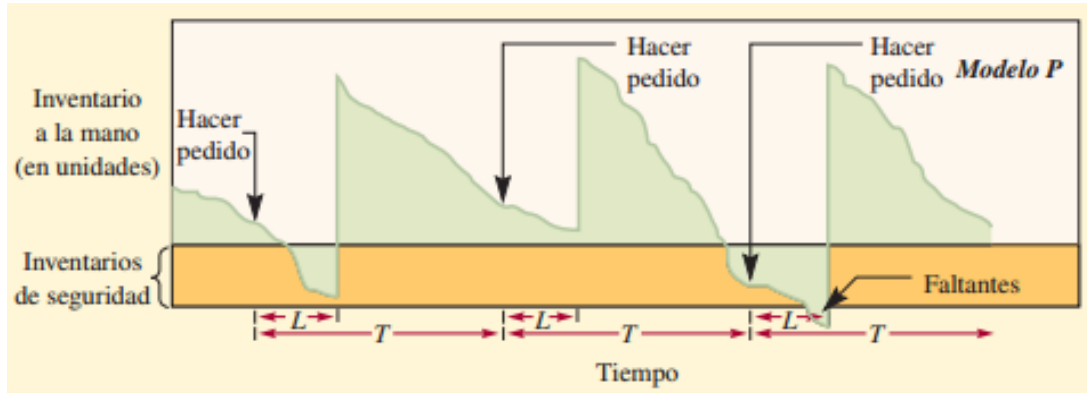
cuando queden 25 unidades. Mientras más extenso sea el inventario de seguridad, más pronto se hará el pedido.

6.1.21 Modelos de periodos fijos²⁵ En un sistema de periodo fijo, el inventario se cuenta sólo en algunos momentos, como cada semana o cada mes. Es recomendable contar el inventario y hacer pedidos en forma periódica en situaciones como cuando los proveedores hacen visitas de rutina a los clientes y levantan pedidos para toda la línea de productos o cuando los compradores quieren combinar los pedidos para ahorrar en costos de transporte. Otras empresas operan en un periodo fijo para facilitar la planeación del conteo del inventario; por ejemplo, el Distribuidor X llama cada dos semanas y los empleados saben que es preciso contar todos los productos del Distribuidor X.

Los modelos de periodo fijo generan cantidades de pedidos que varían de un periodo a otro, dependiendo de los índices de uso. Por lo general, para esto es necesario un nivel más alto de inventario de seguridad que en el sistema de cantidad de pedido fija. El sistema de cantidad de pedido fija supone el rastreo continuo del inventario disponible y que se hará un pedido al llegar al punto correspondiente. En contraste, los modelos de periodo fijo estándar suponen que el inventario sólo se cuenta en el momento específico de la revisión. Es posible que una demanda alta haga que el inventario llegue a cero justo después de hacer el pedido. Esta condición pasará inadvertida hasta el siguiente periodo de revisión; además, el nuevo pedido tardará en llegar. Por lo tanto, es probable que el inventario se agote durante todo el periodo de revisión, T , y el tiempo de entrega, L . Por consiguiente, el inventario de seguridad debe ofrecer una protección contra las existencias agotadas en el periodo de revisión mismo, así como durante el tiempo de entrega desde el momento en que se hace el pedido hasta que se recibe.

²⁵ CHASES, Richard B, ROBERT JACOBS, F. Administración de operaciones: producción y cadena de suministros. Decimotercera edición. McGraw-Hill/interamericana editores. S.A. de C.V. 2014,2009.

Figura 37. Modelo de inventario de periodo fijo.



Fuente: CHASES, Richard B, ROBERT JACOBS, F. Administración de operaciones: producción y cadena de suministros. Decimotercera edición. McGraw-Hill/interamericana editores. S.A. de C.V. 2014,2009. Pag.563

6.1.22 Modelo de periodos fijos con inventarios de seguridad.²⁶ En un sistema de periodo fijo, los pedidos se vuelven a hacer en el momento de la revisión (T), y el inventario de seguridad que es necesario volver a pedir es:

$$\text{Inventario de seguridad} = z\sigma_{T+L} \quad \text{Ecuación 21}$$

La ilustración anterior muestra un sistema de periodo fijo con un ciclo de revisión de T y un tiempo de entrega constante de L. En este caso, la demanda tiene una distribución aleatoria alrededor de una media d. La cantidad a pedir, q, es:

$$\begin{aligned} &\text{Cantidad de pedido} \\ &= \text{Demanda promedio durante el periodo vulnerable} \\ &+ \text{inventarios de seguridad} - \text{Existencias disponibles} \end{aligned} \quad \text{Ecuación 22}$$

$$q = d(T + L) + z\sigma_{T+L} - I \quad \text{Ecuación 23}$$

²⁶ CHASES, Richard B, ROBERT JACOBS, F. Administración de operaciones: producción y cadena de suministros. Decimotercera edición. McGraw-Hill/interamericana editores. S.A. de C.V. 2014,2009.

Dónde:

q = Cantidad a pedir.

T = El número de días entre revisiones.

L = Tiempo de entrega en días (tiempo entre el momento de hacer un pedido y recibirlo).

D = Demanda diaria promedio pronosticada.

z = Número de desviaciones estándar para una probabilidad de servicio específica

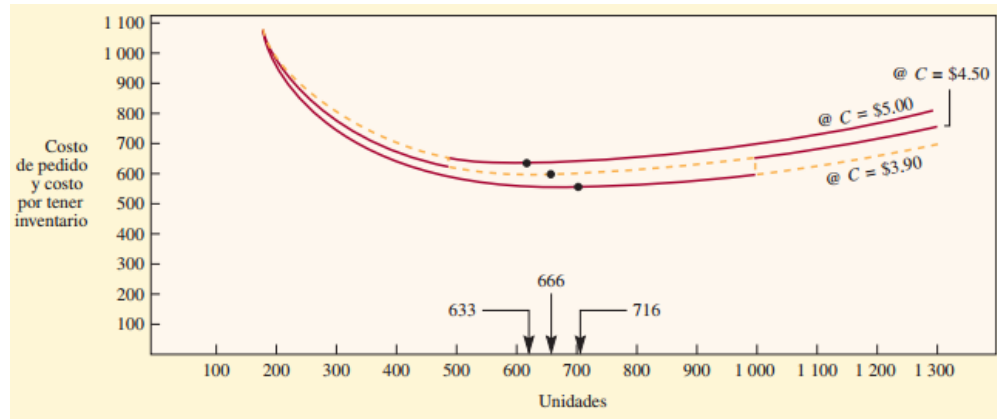
$\sigma\sqrt{T + L}$ = Desviación estándar de la demanda durante el periodo de revisión y entrega
I = Nivel de inventario actual (incluye las piezas pedidas).

Nota: La demanda, el tiempo de entrega, el periodo de revisión, etc., pueden estar en cualquier unidad de tiempo como días, semanas o años, siempre y cuando sean consistentes en toda la ecuación. En este modelo, la demanda (d) puede ser pronosticada y revisada en cada periodo de revisión o se puede utilizar el promedio anual, siempre y cuando sea apropiado. Se supone que la demanda tiene una distribución normal.

6.1.23 Modelos de precio descontado²⁷ El modelo de precio descontado maneja el hecho de que, en general, el precio de venta de una pieza varía según el tamaño del pedido. Se trata de un cambio discreto en lugar de unitario. Por ejemplo, los tornillos para madera cuestan 0.02 dólares cada uno en una compra de uno a 99 tornillos, 1.60 por 100 y 13.50 por 1 000. Para determinar la cantidad óptima a pedir de cualquier pieza, sólo se tiene que calcular la cantidad económica de pedido para cada precio y en el punto de cambio de precio. Pero no todas las cantidades económicas de pedido que la fórmula determina son factibles. En el ejemplo de los tornillos para madera, la fórmula Q_{opt} podría indicar que la decisión óptima en el precio de 1.60 es pedir 75 tornillos. Sin embargo, esto sería imposible porque 75 tornillos tendrían un costo de 2 centavos cada uno.

²⁷ CHASES, Richard B, ROBERT JACOBS, F. Administración de operaciones: producción y cadena de suministros. Decimotercera edición. McGraw-Hill/interamericana editores. S.A. de C.V. 2014,2009.

Figura 38. Curvas para tres modelos de cantidad de pedido independientes.



Fuente. CHASES, Richard B, ROBERT JACOBS, F. Administración de operaciones: producción y cadena de suministros. Decimotercera edición. McGraw-Hill/interamericana editores. S.A. de C.V. 2014,2009. Pag. 556

La anterior grafica muestra curvas para tres modelos de cantidad de pedido independientes en una situación de tres reducciones de precio, donde la línea discontinua muestra el rango de compras factible.

En general, para encontrar la cantidad a pedir al menor costo, se necesita calcular la cantidad económica de pedidos para cada precio posible y revisar si la cantidad es factible. Es posible que la cantidad económica de pedido calculada sea más alta o más baja que el rango al que corresponde el precio. Cualquier cantidad factible es una posible candidata. También se necesita calcular el costo para cada una de las cantidades con precio descontado, ya que se sabe que ese precio es factible en estos puntos y el costo total podría ser el más bajo de estos valores.

Es posible simplificar un poco los cálculos si el costo de mantenimiento se basa en un porcentaje del precio unitario. En este caso, sólo se necesita revisar un subconjunto de las cantidades con precio descontado. Se puede utilizar el siguiente procedimiento de dos pasos:

Paso 1. Clasificar los precios desde el más bajo hasta el más alto y luego, empezando por el precio más bajo, calcular la cantidad económica de pedido para cada nivel de precio hasta encontrar una cantidad económica de pedido factible. Por factible, significa que el precio se encuentra en el rango correcto.

Paso 2. Si la primera cantidad económica de pedido factible es para el precio más bajo, esta cantidad es la mejor y el proceso terminó. De lo contrario, calcule el costo total para la primera cantidad económica factible (desde el precio más bajo hasta el más alto) y calcule también el costo total en cada precio descontado inferior al precio asociado con la primera cantidad económica de pedido. Ésta es la cantidad económica más baja en la que puede aprovechar el precio descontado. La Q óptima es aquella con el costo más bajo.

6.1.24 Punto de reorden²⁸ Nivel de inventario de un artículo que señala la necesidad de realizar una orden de reabastecimiento. El punto de reorden es la suma de la demanda de tiempo de entrega y las existencias de seguridad. El cálculo de un punto de reorden optimizado generalmente incluye al tiempo de entrega, el pronóstico de la demanda y el nivel de servicio. Valerse de un pronóstico *cuantílico nativo* aumenta considerablemente la calidad de los puntos de reorden para la mayoría de las actividades comerciales minoristas y de fabricación.

El concepto que aquí describimos con el nombre de punto de reorden también es conocido como ROP, nivel de reorden o nivel de disparo.

El punto de reorden es un concepto importante no solo para la optimización del inventario, sino también para su automatización. De hecho, la mayoría de los ERP y los software de gestión de inventario asocian un ajuste de punto de reorden a

²⁸ MAX, Muller. Fundamentos de administración de inventarios: traducción Efraín Sánchez. Bogotá: Grupo Editorial Norma, 2004. 264p

cada artículo para ofrecer cierto grado de automatización en la gestión del inventario.

En la práctica, debido a las incertidumbres, tenemos

$$\begin{aligned} & \textit{punto de reorden} \\ & = \textit{demanda de tiempo de entrega(lead time demand)} \quad \text{Ecuación 24} \\ & + \textit{existencias de seguridad} \end{aligned}$$

Un aspecto poco comprendido de la gestión del inventario es que el punto de reorden representa un pronóstico cuantílico de la demanda para un horizonte que equivale al tiempo de entrega. De hecho, el punto de reorden representa la cantidad de inventario que, con una probabilidad de $\tau\%$ (el nivel de servicio deseado), no será superada por la demanda. Si la demanda sobrepasa este umbral, algo que sucede con una frecuencia de solo $1-\tau$, se llega a la situación de falta de existencias.

El punto de reorden lleva a órdenes grandes infrecuentes, valerse de los puntos de reorden no implica nada sobre la calidad de la gestión del inventario. De hecho, debido a que los puntos de reorden pueden ser modificados continuamente (generalmente mediante automatización software), cualquier estrategia de mantenimiento de existencias puede ser representada mediante valores de puntos de reorden ad-hoc que cambian con el tiempo.

Las órdenes grandes e infrecuentes se hallan en empresas que no actualizan en forma dinámica sus puntos de reorden. Sin embargo, la causa del problema no son los puntos de reorden per se, sino la falta de automatización software que actualizaría regularmente esos puntos de reorden.

La cantidad del inventario que se compara con el punto de reorden es generalmente la suma de las existencias disponibles y las existencias pedidas. De hecho, al realizar una orden, es necesario anticipar las existencias que ya están en camino.

La situación puede ser complicada si la misma orden puede ser enviada a varios proveedores que entregan los mismos artículos con tiempos de entrega diferentes (y, generalmente, también con precios diferentes). En una situación de este tipo, una orden pendiente realizada a un proveedor local puede ser entregada antes que una orden pendiente anterior realizada a un proveedor lejano.

Para modelizar con más precisión una situación de dos proveedores, es necesario introducir un segundo punto de reorden para cada artículo. El primer punto de reorden desencadena el reabastecimiento de un proveedor lejano (suponiendo que este proveedor es más económico; de otro modo, no habría razón para comprarle a él), mientras que el segundo se abastece del proveedor local.

Debido a que el proveedor local tiene un tiempo de entrega más breve, el segundo punto de reorden es menor que el primero. Intuitivamente, las órdenes se realizan al proveedor local solo cuando es muy probable que se llegue a una situación de falta de existencias y es demasiado tarde para enviar una orden al proveedor lejano.

6.2 MRP (PLANIFICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE MATERIAL)²⁹

Consiste esencialmente en un cálculo de necesidades netas de los artículos (productos terminados, subconjuntos, componentes, materia prima, etc.)

²⁹ <http://viviaangrup.galeon.com/enlaces998822.html> ; <http://e-ngenium.blogspot.com/2009/03/que-es-y-para-que-me-sirve-un-mrp.html>

introduciendo un factor nuevo, no considerado en los métodos tradicionales de gestión de stocks, que es el plazo de fabricación o compra de cada uno de los artículos, lo que en definitiva conduce a modular a lo largo del tiempo las necesidades, ya que indica la oportunidad de fabricar (o aprovisionar) los componentes con la debida planificación respecto a su utilización en la fase siguiente de fabricación. En la base del nacimiento de los sistemas MRP está la distinción entre demanda independiente y demanda dependiente.

El MRP es un sistema para planear y programar los requerimientos de los materiales en el tiempo para las operaciones de producción finales que aparecen en el programa maestro de producción. También proporciona resultados, tales como las fechas límite para los componentes, las que posteriormente se utilizan para el control de taller. Una vez que estos productos del MRP están disponibles, permiten calcular los requerimientos de capacidad detallada para los centros de trabajo en el área de producción.

La Planificación de Necesidades de Material (Material Requirements Planning, MRP) este sistema es básicamente el que responde a las preguntas de, cuánto y cuándo se va a producir y cuáles son mis recursos disponibles para esto:

- Planificar las necesidades de material para el proceso de fabricación o aprovisionamiento.
- Calcular la necesidad bruta para el nivel más elevado de la lista de materiales basándose en los pedidos de ventas y demandas independientes.
- Calcular la necesidad bruta de los niveles más bajos de la lista de materiales bajando las demandas superiores de neto a través de la estructura de la lista de materiales.

El sistema MRP, garantiza la prevención y solución de errores de aprovisionamiento de materias primas. Los niveles dependientes pueden tener sus propias demandas independientes, como pedidos de ventas y pronósticos.

6.2.1 Beneficios MRP

- Satisfacción del cliente Disminución del stock Reducción de las horas extras de trabajo
- Incremento de la productividad
- Incremento de la rapidez de entrega
- Posibilidad de conocer rápidamente las consecuencias financieras de nuestra planificación

6.2.2 Resultados MRP Son recomendaciones que cumplen con la necesidad bruta teniendo en cuenta tus reglas de planificación para los pedidos como es:

- El plan de producción especificando las fechas y contenidos a fabricar.
- Retrasos de las órdenes de fabricación
- El plan de aprovisionamiento de las compras a realizar de acuerdo a
- El pedido múltiple,
- El pedido por intervalos de tiempo
- El pedido de cantidad mínima.

6.3 COSTEO ABC³⁰

El costeo ABC, consiste en seleccionar las actividades más importantes realizadas por la empresa y posteriormente identificar cuáles de estas consume la mayor parte de sus recursos, para así determinar los factores o procesos que acarrear

³⁰ DOUGLAS, T. Hicks. El sistema de costos basado en actividades (ABC), guía para su implementación en pequeñas y medianas empresas. : Alfaomega, 1998. p. 297

más costos y de esta forma utilizarlos para la disminución o mejoramiento de los mismos. Para el entorno empresarial, un porcentaje de los sistemas de costos están orientados fundamentalmente a lograr una evaluación de los artículos producidos o el servicio prestado para efectos de su inclusión en los estados contables o con fines de determinación de impuestos. Raramente se usan esos sistemas con fines de análisis de eficiencia, para estudiar reducciones de costos y en general, no producen información significativa sobre los costos de ventas o de administración, situaciones en las cuales es muy efectiva la utilización del costeo por actividades; es por esto que el costeo por actividades es una herramienta que nos permite tomar decisiones acertadas y a la vez sustentadas de forma apropiada.

El ABC es una herramienta muy útil y dinámica, ya que permite tomar costos globales más precisos apoyándose en recursos informáticos, a fin de establecer un modelo de actividades que le permite identificar más fuertemente los esfuerzos realizados para producir y vender con cada uno de los productos, formas de distribución, mercados o cualquier otro elemento que sea útil a los efectos de tomar decisiones estratégicas u operativas. Para un óptimo desarrollo del sistema de costeo basado en actividades se hace necesario que al momento de definir los objetivos del ABC éste:

- Sea una medida de desempeño y facilite de la determinación de utilidades.
- Proporcione herramientas para la planeación del negocio.
- Promueva el control y reducción de costos y facilite la toma de decisiones.

El modelo ABC nace con la premisa de que las actividades son las que consumen los costos y no los productos. De ahí que para empezar a realizar un modelo de costeo ABC es indispensable que se investiguen y analicen en primera instancia las actividades, posteriormente los costos que inciden en el desarrollo de dichas actividades y luego el costos de los productos.

6.3.1 Proceso a seguir Para empezar a desarrollar el análisis de cualquier empresa por un sistema de costeo por actividades, se hizo necesario revisar la metodología propuesta por Douglas T. Hicks quien sugiere una serie de pasos para que el desarrollo de un sistema ABC se lleve a cabo apropiadamente.

a) Identificar y definir las actividades más relevantes para el desarrollo de la razón social de la organización.

Para el autor la forma óptima de empezar es revisando el organigrama de la organización; hecho que permite identificar las actividades, reflejando los procesos que se siguen, si bien no es necesario que aparezca en detalle cada acción que tenga lugar dentro de la organización cualquier función ejecutada por un empleado, contratista o por un equipo, debería ser considerado como una de las tantas actividades identificadas por la empresa. Para identificar las actividades es necesario llevar a cabo un diagnóstico previo, así como tener un amplio conocimiento de la empresa, sus características y procesos aplicados. Si se seleccionan muchas actividades se puede complicar y encarecer el proceso de cálculo de costos. Por el contrario, si se seleccionan pocas actividades se reducen las posibilidades de análisis.

Por lo tanto se debe seleccionar el número óptimo de actividades que posibilite el funcionamiento adecuado del sistema.

Es importante diferenciar las actividades de las tareas. En principio, una actividad está integrada por un conjunto de tareas y para hacer operativo el sistema de costos, es imprescindible seleccionar actividades que aglutinen un conjunto de tareas. Una diferencia significativa entre actividad y tarea es que la primera está orientada a generar un output, mientras que la segunda es un paso necesario para la finalización de la actividad.

b) Organizar las actividades por centros de costos.

Luego de identificar y definir las actividades, deberán ser organizadas por centros de costos. Estos centros de costos constituyen el nivel más bajo de detalle por el cual los costos son acumulados y distribuidos; pueden comprender una actividad o un grupo de actividades, definen las funciones y responsabilidades que tiene cada parte del área funcional de la compañía, de manera que para definir los centros de costos se tiene que tener en cuenta el concepto de inductor.

c) Identificar los componentes de costos principales.

En este paso se debe mostrar una serie de posibles componentes de costos (gastos, impuestos, etc.) que van a ser parte de los costos de las actividades identificadas. En algunos casos, se hace necesario definir más componentes de costos; ya que puede suceder que un centro de costos no obtenga un componente para su distribución, esta búsqueda de componentes no sólo se puede hacer con base en la contabilidad sino también apoyados en la experiencia de los miembros de la organización.

d) Determinar las relaciones entre actividades y costos.

Este paso consiste en determinar qué costos pertenecen a qué centro de costos, teniendo en cuenta la relación existente entre las actividades y los costos generados; en este paso se requiere del apoyo de todas las áreas de la empresa porque se pueden cargar costos a actividades que no guardan ninguna relación.

e) Identificar los inductores de costos.

Dentro del ABC éste es uno de los pasos fundamentales, debido a que la determinación óptima de los inductores hará que los costos se distribuyan de

forma adecuada. Para desarrollar este paso se debe tener claro la causa que origina los costos en las actividades “en términos coloquiales el inductor de costos es el que me permite repartir los costos a cada actividad de los centros de costos”.

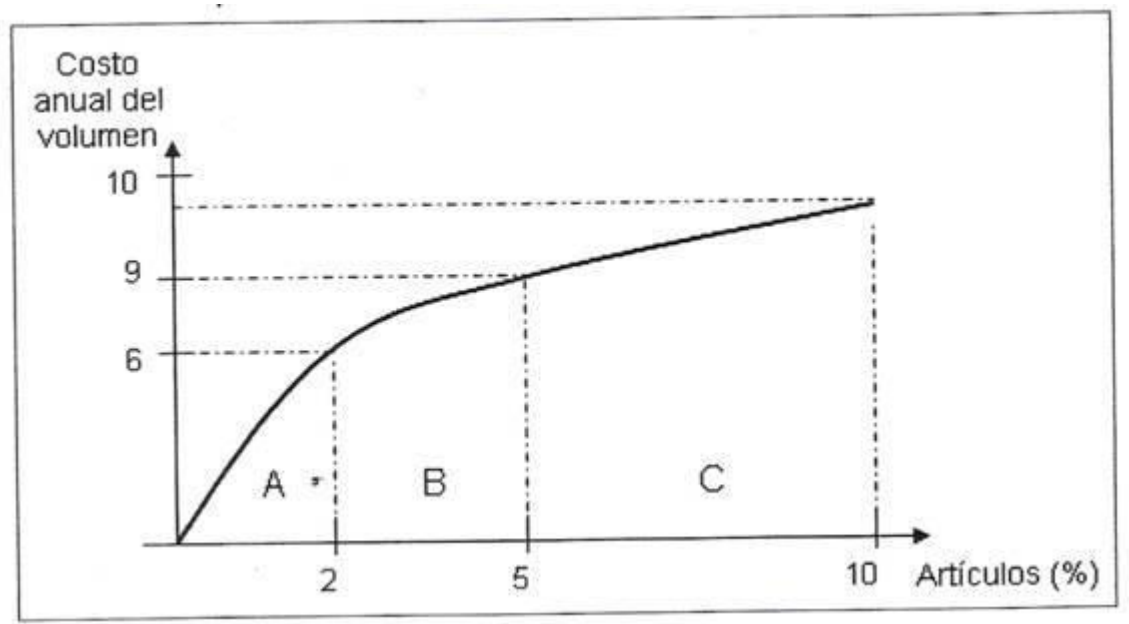
Algunas ventajas de un sistema basado en actividades son:

- No afecta directamente la estructura organizativa de tipo funcional ya que el ABC gestiona las actividades y éstas se ordenan horizontalmente a través de la organización.
- Facilita la comprensión del comportamiento de los costos de la organización, constituyéndose en una herramienta de gestión que facilita el proceso de diseño y evaluación de presupuestos.
- Proporciona una visión real (de forma horizontal) de lo que sucede en la empresa, facilitando la visión de la necesidad de nuestro trabajo para el cliente al que debemos justificar el precio que facturamos.
- Permite conocer medidas de tipo no financiero muy útiles para la toma de decisiones.
- Proporciona información que reducirá los costos de estudios especiales; Por una parte incrementa el nivel de información y por otra parte reduce los costos del propio departamento de costos.
- El modelo se basa en hechos reales de tal manera que no puede ser manipulado.

Limitaciones

- Es generalizado el planteamiento de que consume una parte importante de recursos en las fases de diseño e implementación.
- Un aspecto que puede dificultar la implementación es el nivel de detalle en la definición de cada actividad y de los rubros de costos que afecta.
- Un tercer aspecto es que la definición de actividades, puede resultar dificultosa.
- Finalmente se debe recordar que todo proceso nuevo genera ciertas resistencias y requiere de una etapa de adopción de la metodología. De tal forma que es recomendable educar a los usuarios que mantienen la información y a las personas que usan la misma para la toma de decisiones.

Figura 39. Curva ABC



Fuente. Casañas 2001

6.4 APLICACIÓN DE CÓDIGOS SOBRE LOS MATERIALES.

La codificación de los materiales nos sirve para tener una descripción rápida de éstos, y consiste en describir un material, no con su nombre, sino con una clave que lo identifique y esta clave nos da las características del mismo. Esto sirve para un material que tenga un nombre muy largo que puede quitar tiempo a la hora de escribirlo o puede haber equivocaciones por que no se puso el nombre completo etc. Esto puede seguir pasando aun cuando existe una codificación pero el almacenista en base a su experiencia se puede dar cuenta de que hay un error en la clave.

Para hacer funcionar una codificación es necesario tener un libro con hojas sustituibles que contenga todos los códigos y su descripción, esto para que cuando se vea un código de cierto artículo, simplemente se busca en el libro y aparece toda la descripción.

Hay casos en los que se utilizan tiras de hojas engrapadas y en estos aparece el código del artículo y la descripción, a esto se le llama “árbol”.²⁰

Existe un problema que es cuando se introduce un nuevo código o que no existía, para esto se hace lo siguiente:

- Se tiene que explicar al personal porque se implanto el nuevo código y las ventajas que este puede traer a la empresa y a ellos.
- Preguntar si tienen dudas y aclararlas teniendo un buen análisis del código para responder todo.
- Adaptarse a un nuevo código en corto tiempo no es tarea fácil, por esto hay que implantarlos por partes.

Los dos métodos para codificar que existen son: neumónico o nemotécnico y el decimal. En estos métodos existen signos que se utilizan porque son fáciles de recordar.

6.4.1 El método neumónico Este método normalmente se forma de letras pero cuando se requiera se pueden utilizar números. En este método las subdivisiones no son muy admitidas, es por esto que su uso no es tan frecuente. Es aconsejable que las subdivisiones sean más de cinco y que no se utilicen letras que se puedan confundir, por ejemplo: I, O, Q que se pueden confundir con el 1 y el 0.

6.4.2 El método decimal Este método se compone de números totalmente y es muy común que tenga de seis a ocho cifras, pero se aconseja no utilizar más de diez.

6.5 INDICADORES DE GESTIÓN³¹

Se conoce como indicador de gestión a aquel dato que refleja cuáles fueron las consecuencias de acciones tomadas en el pasado en el marco de una organización. La idea es que estos indicadores sienten las bases para acciones a tomar en el presente y en el futuro.

Es importante que los indicadores de gestión reflejen datos veraces y fiables, ya que el análisis de la situación, de otra manera, no será correcto. Por otra parte, si los indicadores son ambiguos, la interpretación será complicada.

Lo que permite un indicador de gestión es determinar si un proyecto o una organización están siendo exitosos o si están cumpliendo con los objetivos. El

³¹ FERRÍN GUTIÉRREZ, Arturo. Gestión de stocks: En la logística de almacenes. Fundación confemetal, Príncipe de Vergara, 74-28006 Madrid.

líder de la organización es quien suele establecer los indicadores de gestión, que son utilizados de manera frecuente para evaluar desempeño y resultados.

6.5.1 Características de los indicadores de gestión³²

- Medios, instrumentos o mecanismos para evaluar hasta qué punto o en qué medida se están logrando los objetivos estratégicos.
- Representan una unidad de medida gerencial que permite evaluar el desempeño de una organización frente a sus metas, objetivos y responsabilidades con los grupos de referencia.
- Producen información para analizar el desempeño de cualquier área de la organización y verificar el cumplimiento de los objetivos en términos de resultados.
- Detectan y prevén desviaciones en el logro de los objetivos.
- EL análisis de los indicadores conlleva a generar Alertas Sobre La Acción, no perder la dirección, bajo el supuesto de que la organización está perfectamente alineada con el plan.

6.5.2 ¿Por qué medir y para qué?

Si no se mide lo que se hace, no se puede controlar y si no se puede controlar, no se puede dirigir y si no se puede dirigir no se puede mejorar.

³² FERRÍN GUTIÉRREZ, Arturo. Gestión de stocks: En la logística de almacenes. Fundación confemetal, Príncipe de Vergara, 74-28006 Madrid.

A partir de las últimas décadas del siglo XX, las empresas están experimentando un proceso de cambios revolucionarios, pasando de una situación de protección regulada a entornos abiertos altamente competitivos. Esta situación, de transformaciones constantes del ambiente de negocio hace necesario que las empresas, para mantener e incrementar su participación de mercado en estas condiciones, deban tener claro la forma de cómo analizar y evaluar los procesos de su negocio, es decir deben tener claro su sistema de medición de desempeño.

La medición del desempeño puede ser definida generalmente, como una serie de acciones orientadas a medir, evaluar, ajustar y regular las actividades de una empresa.

Entonces, ¿Por qué medir?:

- Por qué la empresa debe tomar decisiones.
- Por qué se necesita conocer la eficiencia de las empresas (caso contrario, se marcha “a ciegas”, tomando decisiones sobre suposiciones o intuiciones).
- Por qué se requiere saber si se está en el camino correcto o no en cada área.
- Por qué se necesita mejorar en cada área de la empresa, principalmente en aquellos puntos donde se está más débil.
- Por qué se requiere saber, en lo posible, en tiempo real, que pasa en la empresa (eficiencia o ineficiencia).
- ¿Para qué medir?

- Para poder interpretar lo que está ocurriendo.
- Para tomar medidas cuando las variables se salen de los límites establecidos.
- Para definir la necesidad de introducir cambios y/o mejoras y poder evaluar sus consecuencias en el menor tiempo posible.
- Para analizar la tendencia histórica y apreciar la productividad a través del tiempo.
- Para establecer la relación entre productividad y rentabilidad.
- Para direccionar o re-direccionar planes financieros.
- Para relacionar la productividad con el nivel salarial.
- Para medir la situación de riesgo de la empresa.
- Para proporcionar las bases del desarrollo estratégico y de la mejora focalizada.

6.5.3 Atributos de los indicadores y tipos de indicadores³³ Cada medidor o indicador debe satisfacer los siguientes criterios o atributos:

- Medible: El medidor o indicador debe ser medible. Esto significa que la característica descrita debe ser cuantificable en términos ya sea del grado o frecuencia de la cantidad.

³³ FERRÍN GUTIÉRREZ, Arturo. Gestión de stocks: En la logística de almacenes. Fundación confemetal, Príncipe de Vergara, 74-28006 Madrid.

- Entendible: El medidor o indicador debe ser reconocido fácilmente por todos aquellos que lo usan.
- Controlable: El indicador debe ser controlable dentro de la estructura de la organización.

6.5.4 Tipos de indicadores³⁴ En el contexto de orientación hacia los procesos, un medidor o indicador puede ser de proceso o de resultados. En el primer caso, se pretende medir que está sucediendo con las actividades, y en segundo se quiere medir las salidas del proceso.

También se pueden clasificar los indicadores en indicadores de eficacia o de eficiencia. El indicador de eficacia mide el logro de los resultados propuestos. Indica si se hicieron las cosas que se debían hacer, los aspectos correctos del proceso. Los indicadores de eficacia se enfocan en el qué se debe hacer, por tal motivo, en el establecimiento de un indicador de eficacia es fundamental conocer y definir operacionalmente los requerimientos del cliente del proceso para comparar lo que entrega el proceso contra lo que él espera. De lo contrario, se puede estar logrando una gran eficiencia en aspectos no relevantes para el cliente.

Los indicadores de eficiencia miden el nivel de ejecución del proceso, se concentran en el Cómo se hicieron las cosas y miden el rendimiento de los recursos utilizados por un proceso. Tienen que ver con la productividad.

6.5.5 Categorías de los indicadores³⁵ Se debe saber discernir entre indicadores de cumplimiento, de evaluación, de eficiencia, de eficacia e

³⁴ FERRÍN GUTIÉRREZ, Arturo. Gestión de stocks: En la logística de almacenes. Fundación confemetal, Príncipe de Vergara, 74-28006 Madrid.

³⁵ FERRÍN GUTIÉRREZ, Arturo. Gestión de stocks: En la logística de almacenes. Fundación confemetal, Príncipe de Vergara, 74-28006 Madrid.

indicadores de gestión. Como un ejemplo vale más que mil palabras este se realizará teniendo en cuenta los indicadores que se pueden encontrar en la gestión de un pedido.

- Indicadores de cumplimiento: con base en que el cumplimiento tiene que ver con la conclusión de una tarea. Los indicadores de cumplimiento están relacionados con las razones que indican el grado de consecución de tareas y/o trabajos. Ejemplo: cumplimiento del programa de pedidos.

- Indicadores de evaluación: la evaluación tiene que ver con el rendimiento que se obtiene de una tarea, trabajo o proceso. Los indicadores de evaluación están relacionados con las razones y/o los métodos que ayudan a identificar nuestras fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora. Ejemplo: evaluación del proceso de gestión de pedidos.

- Indicadores de eficiencia: teniendo en cuenta que eficiencia tiene que ver con la actitud y la capacidad para llevar a cabo un trabajo o una tarea con el mínimo de recursos. Los indicadores de eficiencia están relacionados con las razones que indican los recursos invertidos en la consecución de tareas y/o trabajos. Ejemplo: Tiempo fabricación de un producto, razón de piezas / hora, rotación de inventarios.

- Indicadores de eficacia: eficaz tiene que ver con hacer efectivo un intento o propósito. Los indicadores de eficacia están relacionados con las razones que indican capacidad o acierto en la consecución de tareas y/o trabajos. Ejemplo: grado de satisfacción de los clientes con relación a los pedidos.

- Indicadores de gestión: teniendo en cuenta que gestión tiene que ver con administrar y/o establecer acciones concretas para hacer realidad las tareas y/o trabajos programados y planificados. Los indicadores de gestión están

relacionados con las razones que permiten administrar realmente un proceso. Ejemplo: administración y/o gestión de los almacenes de productos en proceso de fabricación y de los cuellos de botella.

6.5.6 Propósitos y beneficios de los indicadores de gestión³⁶

- Podría decirse que el objetivo de los sistemas de medición es aportar a la empresa un camino correcto para que ésta logre cumplir con las metas establecidas. Todo sistema de medición debe satisfacer los siguientes objetivos:
- Comunicar la estrategia.
- Comunicar las metas.
- Identificar problemas y oportunidades.
- Diagnosticar problemas.
- Entender procesos.
- Definir responsabilidades.
- Mejorar el control de la empresa.
- Identificar iniciativas y acciones necesarias.
- Medir comportamientos.
- Facilitar la delegación en las personas.
- Integrar la compensación con la actuación.
- El seguimiento de la gestión debe estar orientado al futuro.
- Un buen sistema de medición debe considerar las dimensiones significativas de una actividad con objetivos múltiples.
- Un mayor control y seguimiento de la gestión no siempre es económicamente deseable.
- ¿Qué debo esperar de un sistema de indicadores?

³⁶ FERRÍN GUTIÉRREZ, Arturo. Gestión de stocks: En la logística de almacenes. Fundación confemetal, Príncipe de Vergara, 74-28006 Madrid.

- Que se convierta en un sistema de alertas tempranas “Pre-alarmas”
- Que determine las tendencias y la causa raíz del comportamiento productivo.
- Que establezca la relación entre el valor agregado y el costo laboral para definir el tamaño y el valor óptimo del equipo humano.
- Que relacione la productividad del capital humano, la del capital físico, la rentabilidad, el endeudamiento y la liquidez con el fin de garantizar equilibrio.
- Que facilite la toma de decisiones, que permita construir conocimiento, que oriente a las personas, que alimente las políticas, que permita operar procesos productivo.

La razón de ser de un sistema de medición es entonces: Comunicar, Entender, Orientar y Compensar la ejecución de las estrategias, acciones y resultados de la empresa.

Un buen sistema de gestión debe estimular la acción, marcando las variaciones significativas respecto al plan original y resaltándolas a las organizaciones que pueden corregirlas.

6.5.7 Indicadores de servicio.³⁷

- Pedidos entregado a tiempo:

Nivel de cumplimiento de la compañía para realizar la entrega de los pedidos, en la fecha o período pactado con el cliente.

³⁷ FERRÍN GUTIÉRREZ, Arturo. Gestión de stocks: En la logística de almacenes. Fundación confemetal, Príncipe de Vergara, 74-28006 Madrid.

% Pedidos Entregado a Tiempo

$$= \frac{n^{\circ} \text{ pedidos entregados a tiempo en un periodo } X}{n^{\circ} \text{ total de pedidos entregados en un periodo } X} \times 100 \quad \text{Ecuación 25}$$

- **Pedidos Entregados Completos:**

Nivel de cumplimiento de la empresa en la entrega de pedidos completos al cliente.

Se considera pedido completo cuando la mercancía que se entrega al cliente sea la requerida por este en todas las especificaciones físicas establecidas (color, tamaño y cantidad entre otras), además de ser entregado dentro del límite de tiempo pactado (fecha estipulada o antes de ser posible).

% Pedidos Entregado a Tiempo

$$= \frac{n^{\circ} \text{ pedidos entregados ompletos periodo } X}{n^{\circ} \text{ total de pedidos entregados en un periodo } X} \times 100 \quad \text{Ecuación 26}$$

- **Pedidos Entregados Perfectos:**

Mide la cantidad total de los pedidos entregados por una organización. Un pedido se considera perfecto cuando es entregado y recibido a tiempo, es entregado y recibido completo, la factura no presenta ningún error y además la calidad del producto entregado es excelente.

% Pedidos Entregado a Tiempo

$$= \frac{n^{\circ} \text{ pedidos entregados perfecto periodo } X}{n^{\circ} \text{ total de pedidos entregados en un periodo } X} \times 100 \quad \text{Ecuación 27}$$

7. SISTEMA DE INFORMACIÓN IMPLEMENTADO EN EL TALLER DE RUEDAS Y EJES DE FENOCO S.A

El sistema de información para la administración de inventario del taller de ruedas y ejes de Fenoco S.A. se desarrolló en entorno Microsoft office Access con código interno en Visual Basic for application; Con una interfaz gráfica de fácil acceso para los ingenieros, técnicos y directivos con el fin de facilitar el acceso a la información correspondiente al estado actual del inventario de elementos así como información detallada de trabajos realizados en el taller.

Para la presentación ordenada de la información y facilidad de navegación el sistema de información se desarrolló en forma modular permitiendo de esta manera establecer la información correspondiente de una manera sencilla.

Los módulos con los que cuenta el sistema de información se explican a continuación:

7.1 INGRESO AL SISTEMA

Para ingresar al sistema se debe estar registrado en el mismo, el ingreso se realiza mediante la información de código de usuario y contraseña únicos para cada persona. Esta restricción de seguridad sirve para controlar el ingreso, consulta y modificación de información dentro del sistema.

La seguridad en este sistema de información es importante ya que se reduce el número de personas con acceso al programa, con lo cual se pueden evitar pérdidas de información

7.2 MODULO DE REGISTROS DE INGRESO Y SALIDA DE ELEMENTOS

Corresponde al módulo donde se registran las entradas y salidas de elementos del taller.

Muestra un consecutivo de los registros realizados, con su respectiva fecha, cliente a quien pertenece, usuario que lo elaboro y una casilla para observaciones.

En este módulo se lleva a cabo los registros de entradas y salidas de cada material al taller de ruedas y ejes con el fin de tener un control sobre el inventario de los mismos.

La información de los elementos pertenecientes a cada registro está especificada en las casillas, código, referencia y descripción; dicha información puede ser buscada fácilmente por el usuario por medio de un menú desplegable en cada una de las casillas nombradas.

La cantidad se especifica con magnitud positiva o negativa dependiendo del tipo de registro (entrada o salida) según corresponda.

Se cuenta con una casilla de observaciones por medio de la cual el usuario o analista de inventarios puede registrar información adicional que necesite para anexar al registro.

Así mismo se pueden realizar modificaciones a los registros anteriores o descartar los que no se desean utilizar mediante la opción cerrar.

Cuando se ingresan elementos por medio de este módulo, el sistema realiza procesos internos de desensamblado de grupos de piezas y registra por separado

cada uno de los elementos en el módulo de stock, a su vez identifica los ejes y los muestra en el módulo de trabajos o seguimiento de ejes.

7.3 MODULO DE STOCK.

El módulo de stock o inventario cuenta con un registro de existencias de todos los elementos registrados en el listado de piezas del programa el cual permite realizar un monitoreo o control a cada uno de ellos con el fin de evitar faltantes y con ello reducir tiempos muertos.

Consta de cinco pestañas: Alertas, Kardex agrupado, Kardex general, Ajustes y Resumen de ejes.

La ventana de alertas es donde se muestra en detalle cual ítem está generando dicha alarma debido a que se encuentra fuera del rango de mínimo y máximo establecido, su existencia actual y la cantidad optima de pedido calculada por el mismo programa.

Por medio de la ventana de Kardex agrupado se puede conocer un listado de todos los elementos registrados en el listado de piezas, su información detallada y la cantidad actual de existencia para cada uno de ellos.

El registro detallado de los movimientos de las cantidades de cada uno de los elementos se puede consultar por medio de la ventana Kardex general, en la cual se muestra un consecutivo de los movimientos que ha presentado cada elemento, la causa de dicha variación por medio de un registro denominado soporte y la cantidad total después de dicho movimiento. En otras palabras esta ventana sirve para conocer de manera detallada la evolución del inventario de cada uno de los elementos registrados en el sistema de información.

La ventana Ajustes como su nombre lo dice, sirve para realizar modificaciones o ajustes directamente a la cantidad total de cada elemento en caso de ser necesario. Es una herramienta que permite en caso de realizar inventario físico de existencias, ajustar las cantidades registradas en el programa a las cantidades físicas de cada elemento.

Los ejes al ser el elemento más importante que constituye un set de ruedas cuentan con una ventana especial en el módulo de stock o inventario denominada resumen de ejes, por medio de la cual se puede conocer un listado de cada tipo de eje, su cantidad actual y un total de ejes. Esto permite al analista de inventarios tener una visión más amplia del estado actual de sus actividades ya que por medio de la cantidad de cada tipo de ejes se lleva a cabo la programación de los trabajos o procesos de manufactura en el taller.

Este módulo cuenta con una opción de graficar con respecto al tiempo la evolución de las cantidades de cada elemento del listado de piezas, para un rango de tiempo seleccionable por el usuario. Esto le permite al analista de inventarios visualizar el comportamiento del inventario de cada elemento y compararlo con el comportamiento ideal esperado según las condiciones de demanda, lo cual puede facilitarle el proceso de toma de decisiones.

Por medio de las ventanas de este módulo se puede conocer de una manera práctica y ordenada un registro de todos los movimientos que presentan las cantidades de cada ítem, generar graficas de la evolución del total de cada elemento, realizar ajustes y conocer un resumen de la cantidad de ejes que se encuentran en el taller.

7.4 MODULO DE TRABAJOS

Para la empresa Fenoco S.A así como para sus clientes es importante contar con un registro detallado de la información correspondiente a todos los datos involucrados en los procesos de producción que se llevan a cabo.

Cada proceso debe realizarse bajo la norma correspondiente y el producto terminado constituye la materia prima del mantenimiento preventivo que realizan los clientes a sus trenes, es por esto que se debe contar con un registro detallado de todos los datos correspondientes a los trabajos realizados con el fin de realizar una verificación de dicha información en caso de ser necesario con el fin de evaluar los procesos.

Para este sistema de información se desarrolló una base de datos en la cual se puede registrar de manera sencilla y practica toda la información anteriormente mencionada.

Por medio de este módulo se puede consultar y registrar toda la información técnica de los trabajos realizados de una manera ordenada detallada y precisa, así como también registrar que operario realizo cada uno de dichos trabajos.

Este módulo es importante ya que se por medio de él se cuenta con un registro detallado de cada uno de los trabajos realizados, elementos utilizados, operarios, fechas y estado de cada uno de los productos elaborados.

La información que se debe registrar puede clasificarse según las dos actividades principales que se llevan a cabo con sus respectivos procesos de producción; estas son clasificación y armado de Wheel sets.

Por lo anterior el modulo está dividido en dos secciones. En la etapa de clasificación se registra en las respectivas casillas toda la información correspondiente a la numeración de los elementos que constituyen los Wheel sets usados recibidos para clasificar, codificación interna de los mismos, fecha de recepción, fecha de clasificación, el resultado de dicha clasificación y los nombres de los operarios que llevaron a cabo los procesos. En la etapa de clasificación se registra información tal como numeración de los elementos que constituyen un Wheel set armado en taller, codificación interna de cada uno de ellos, fechas de armado y envío, e información técnica de procesos de barrenado y empinado, así como también los nombres de los operarios que los efectuaron.

Toda la anterior información se registra tomando como referencia los ejes que se encuentran registrados en este módulo debido a los registros de ingreso, dicha información se registra según el tipo de eje y el resultado de la clasificación según corresponda.

Los procesos de manufactura efectuados modifican tanto el estado de los elementos en stock como su cantidad, por lo tanto se cuenta con las opciones Ajustes de Entrada (AE) y Ajustes de Salida (AS) mediante los cuales se realizan los procesos internos de agrupado y desagrupado de elementos según corresponda para la modificación del stock.

El módulo de stock es una base de datos importante mediante la cual se puede realizar un control de los procesos de manufactura que se efectúan.

7.5 MODULO DE REPORTES Y UTILIDADES

Este módulo consta de cuatro opciones principales: Lista de piezas, Empresas, Grupos de Piezas, y Reportes.

Por medio de la opción lista de piezas se puede registrar a modo de un listado, los elementos que se controlan en stock, especificando de manera detallada información sobre cada elemento. El listado de piezas se encuentra ordenado de acuerdo a una codificación interna elaborada para este sistema de información.

El código interno consta de 3 partes principales; las primeras tres cifras corresponden al código de la empresa a la que pertenece el elemento. Se seleccionó la misma nomenclatura utilizada por Fenoco para diferenciar dichas empresas en lo referente a contabilidad, es decir centro de costos, para mayor comodidad y familiaridad del usuario con el código.

La siguiente cifra es una letra la cual corresponde al grupo de elementos al que pertenece dicho ítem. Los elementos se dividieron en grupos según el tipo de trabajo para el que se utilizan los cuales son: G (góndolas o vagones), L (Locomotoras), R (rodamientos), M (materiales o consumibles).

Los diferentes trabajos o servicios que el taller de ruedas y ejes realiza a los terceros son solicitados por medio de órdenes de compra con su respectivo valor unitario, cantidad y valor total. Sus cantidades deben ser monitoreadas con el fin de no exceder las especificadas en las órdenes de compra, por lo tanto se dispuso registrar dichos trabajos o servicios como ítems consumibles dentro del listado de piezas con el grupo S. Debido a que el propósito del sistema de información es el control de inventario, únicamente se tendrán en cuenta las cantidades de los servicios en las órdenes de compra, es decir, el cobro de dichos servicios se realizara en el área correspondiente de la compañía.

Las siguientes dos cifras corresponden a un consecutivo para cada grupo de elementos. Ejemplo: 500G02 corresponde a un eje nuevo de góndola sin ruedas standard de la empresa Drummond.

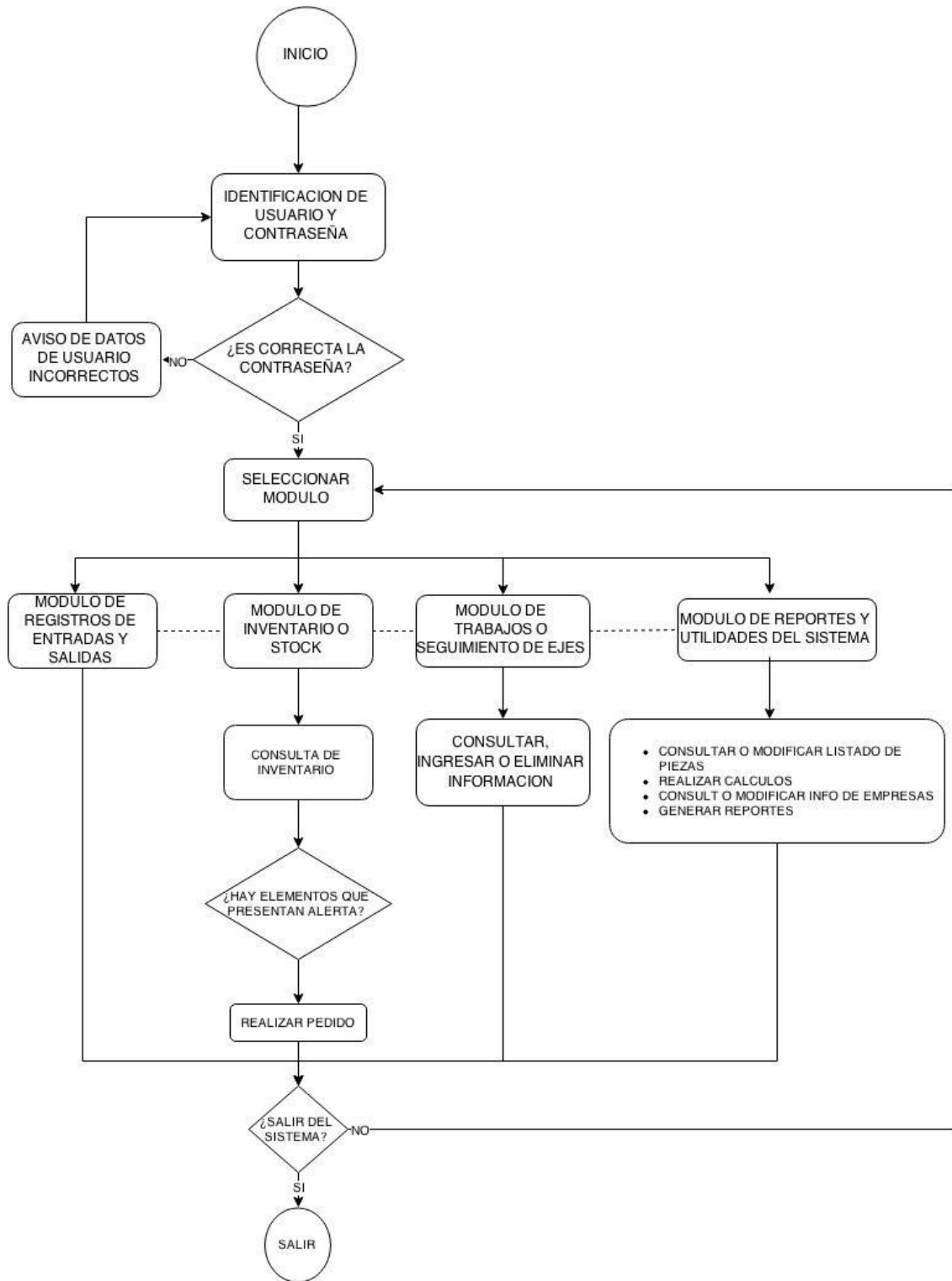
Los cálculos para establecer las diferentes cantidades de alerta para cada elemento, se realizan también en la opción listado de piezas, por medio de una ventana de cálculos basada en datos de entrada como cantidad máxima de almacenamiento, demanda y tiempos de entrega. Estos cálculos se utilizan también como referencia para ilustrar las cantidades límite en la gráfica de stock de cada uno de los elementos.

La opción empresas permite registrar de manera sencilla y detallada la información de cada una de las empresas clientes y su respectivo contacto, así como también cuenta con la opción de agregar nuevas empresas en caso de que se realicen trabajos para clientes nuevos.

Grupos de piezas es una opción que se creó con el fin de establecer la configuración de cada uno de los Wheel sets producidos en el taller de ruedas y ejes, especificando la cantidad y el tipo de elemento del cual se compone, basado en la técnica de planificación de requerimientos de material o MRP. Estos grupos de piezas son utilizados por el programa para los procesos automatizados que este realiza mediante el módulo de trabajos.

Este módulo permite la elaboración de tres tipos de reportes; clasificación, empates y existencias, basados en información del módulo de trabajos o seguimiento de ejes y módulo de stock. Los reportes de clasificación y armado de Wheel sets se elaboran para rangos de tiempo especificados por el usuario. Los reportes de existencias se elaboran para una fecha específica seleccionada por el usuario, para la elaboración de este tipo de reportes el programa se basa en la información registrada en kardex general.

Figura 40. Diagrama de flujo del sistema de información.



Fuente: Autores

8. DISEÑO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN IMPLEMENTADO EN EL TALLER DE RUEDAS Y EJES DE FENOCO S.A

El sistema de información está diseñado principalmente para llevar un registro detallado del inventario existente en el taller de ruedas y ejes de la empresa FENOCO S.A, y a su vez registrar la información correspondiente a los trabajos realizados con el fin de realizar un seguimiento preciso de los mismos. El sistema cuenta con un diseño práctico, sencillo y amigable con el usuario para facilitar los procesos de gestión y control de inventario así como el registro y consulta de información los cuales anteriormente resultaban tediosos y poco confiables.

En su página de ingreso el usuario digita su código y contraseña respectivos para tener acceso al programa. Los datos de usuarios y contraseñas están consignados en la opción configuración de la página principal. Se dispuso de esta manera para restringir el acceso al programa para un determinado número de usuarios con la capacidad de consultar o modificar información

Figura 41. Ventana de ingreso al sistema.



Fuente. Autores.

Figura 42. Listado de usuarios.

Inicio Configuraciones

USUARIOS

	** Usuario	* Nombre	** Iniciales	Conectado	* Nombre corto	Admin
	1098684189	ANDRÉS EDUARDO GÓM AG		<input checked="" type="checkbox"/>	ANDRÉS GÓMEZ	<input checked="" type="checkbox"/>
...	2	ANIBAL LUQUE	AL	<input type="checkbox"/>	ANIBAL LUQUE	<input type="checkbox"/>
...	1143225769	CARLOS OROZCO	CO	<input type="checkbox"/>	CARLOS OROZCO	<input type="checkbox"/>
...	1	CARLOS SARMIENTO	CS	<input checked="" type="checkbox"/>	CARLOS SARMIENT	<input type="checkbox"/>
...	91107224	DANIEL LUQUE	DL	<input type="checkbox"/>	DANIEL LUQUE	<input type="checkbox"/>
...	85150745	ERICK PABA	EP	<input type="checkbox"/>	ERICK PABA	<input type="checkbox"/>
...	3	GERMAN GOMEZ	GG	<input type="checkbox"/>	GERMAN GOMEZ	<input type="checkbox"/>
...	12544441	JOSE SARMIENTO	JS	<input type="checkbox"/>	JOSE SARMIENTO	<input type="checkbox"/>
...	1081514336	JULIAN MACIAS	JM	<input type="checkbox"/>	JULIAN MACIAS	<input checked="" type="checkbox"/>
...	1098717253	LUCAS FELIPE SERRANO	LS	<input type="checkbox"/>	LUCAS SERRANO	<input checked="" type="checkbox"/>
...	84453443	MIKE A VELASQUEZ	MV	<input type="checkbox"/>	MIKE VELASQUEZ	<input type="checkbox"/>
...	1081797811	YAN CARLOS ROPAIN	YC	<input type="checkbox"/>	YAN CARLOS	<input type="checkbox"/>
*				<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

Registro: 14 1 de 12 Sin filtro Buscar

Fuente. Autores.

En su página de inicio cuenta con cuatro módulos principales:

- IO (ORDENES DE ENTRADA Y SALIDA DE STOCK Y SERVICIOS).
- STOCK (CONSULTA Y AJUSTES DE INVENTARIO).
- SDE (SEGUIMIENTO DE EJES).
- RUS (REPORTES Y UTILIDADES DEL SISTEMA).

Figura 43. Página de inicio.



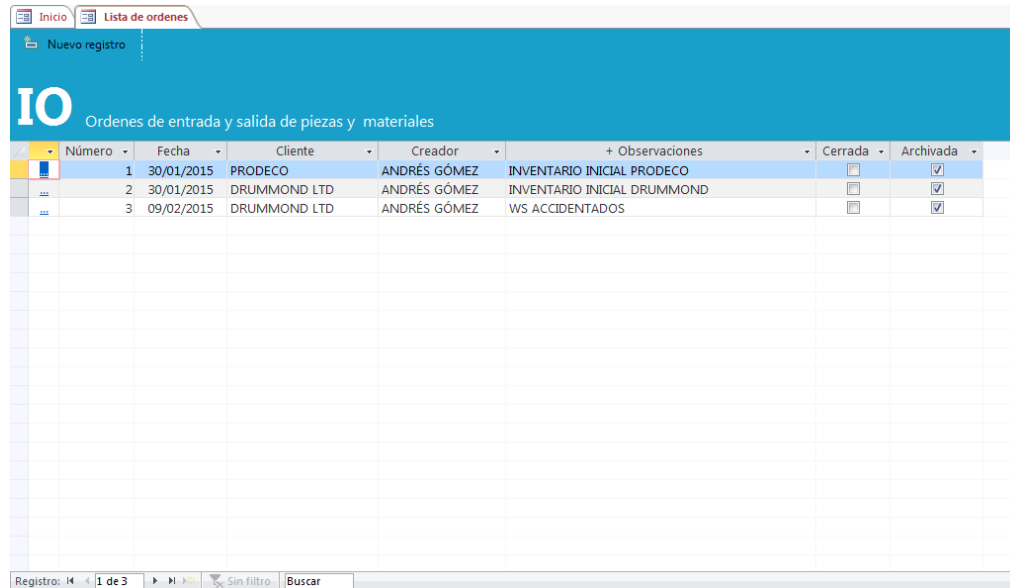
Fuente. Autores.

8.1 MODULO IO (ORDENES DE ENTRADA Y SALIDA DE STOCK Y SERVICIOS)

Corresponde al módulo donde se registran las entradas y salidas de elementos del taller.

Muestra un consecutivo de los registros realizados, con su respectiva fecha, cliente a quien pertenece, usuario que lo elaboro y una casilla para observaciones.

Figura 44. Módulo de registros de entrada y salida.



The screenshot shows a web application interface for the IO module. At the top, there are navigation tabs for 'Inicio' and 'Lista de ordenes'. Below this is a 'Nuevo registro' button. The main header area features a large 'IO' logo and the text 'Ordenes de entrada y salida de piezas y materiales'. The central part of the interface is a table with the following columns: 'Número', 'Fecha', 'Cliente', 'Creador', '+ Observaciones', 'Cerrada', and 'Archivada'. The table contains three rows of data:

Número	Fecha	Cliente	Creador	+ Observaciones	Cerrada	Archivada
1	30/01/2015	PRODECO	ANDRÉS GÓMEZ	INVENTARIO INICIAL PRODECO	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	30/01/2015	DRUMMOND LTD	ANDRÉS GÓMEZ	INVENTARIO INICIAL DRUMMOND	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	09/02/2015	DRUMMOND LTD	ANDRÉS GÓMEZ	WS ACCIDENTADOS	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

At the bottom of the interface, there is a status bar showing 'Registro: 1 de 3' and a search box with the text 'Sin filtro' and a 'Buscar' button.

Fuente. Autores.

Los registros de entrada y salida se generan mediante la opción NUEVO REGISTRO ubicada en la parte superior izquierda del respectivo modulo IO.

El usuario ingresa la información respectiva, registrando en la parte superior, fecha, numero consecutivo de la orden, y seleccionando el nombre de usuario y cliente a quien pertenecen los elementos de dicho registro.

El detalle de los elementos de la orden está especificado en las casillas, código, referencia y descripción; para mayor comodidad del usuario cuentan con un menú desplegable por medio del cual se selecciona el elemento deseado buscándolo por cualquiera de las casillas anteriormente nombradas.

La cantidad se especifica con magnitud positiva o negativa dependiendo del tipo de registro (entrada o salida) según corresponda.

Figura 46. Pestaña de alertas.

Código	Descripción	Min	Saldo	Pedido inicial	Pedido óptimo
500G02	EJE NUEVO DE GONDOLA SIN RUEDAS STANDARD	44,82	6,00	104,00	58,00
500R04	RODAMIENTOS PARA GONDOLA NUEVOS 5X9	116,00	8,00	103,00	116,00
505R04	RODAMIENTOS PARA TOLVA NUEVOS	64,00	56,00	56,00	120,00

Fuente. Autores.

8.2.2 Kardex agrupado: muestra el listado de todos los elementos registrados en la lista de piezas del programa, con su respectiva cantidad actual totalizada como se muestra en la siguiente imagen.

Figura 47. Pestaña de kardex agrupado.

Código	Referencia	Descripción	Unid	Marca	Saldo	
500G01	5"X9"	EJE NUEVO DE GONDOLA SIN RUEDAS SOBRE MEDIDA 7.125"	UND		0,00	reparar
500G02	5"X9"	EJE NUEVO DE GONDOLA SIN RUEDAS STANDARD	UND		6,00	reparar
500G03	5"X9"	EJE DE GONDOLA RECONSTRUIDO SIN RUEDAS	UND		0,00	reparar
500G04	5"X9"	EJE DE GONDOLA USADO SIN RUEDAS	UND		3,00	reparar
500G05	WS	WHEEL SET USADO CON RODAMIENTOS	SET		0,00	reparar
500G06	WS	WHEEL SET USADO CON UN RODAMIENTO	SET		0,00	reparar
500G07	WS	WHEEL SET USADO SIN RODAMIENTOS	SET		0,00	reparar
500G08	28"	RUEDA DE GONDOLA USADA	UND		30,00	reparar
500G09	28"	RUEDA NUEVA DE GONDOLA	UND		-12,00	reparar
500G10	28"	RUEDA NUEVA PARA GONDOLA SOBRE MEDIDA	UND		0,00	reparar
500G11	WS	WHEEL SET PARA ARMAR	SET		0,00	reparar
500G12	WS	WHEEL SET ARMADOS	SET		12,00	reparar
500G23	5 1/2X10	EJE DE GONDOLA NUEVO 5 1/2X10	UND		0,00	reparar
500G24	5X9"	EJE DE GONDOLA CON TALLADURA PARA REPARACION	UND		0,00	reparar
500G25	5X9"	EJE DE GONDOLA CHATARRA	UND		0,00	reparar
500L01	U18	EJE NUEVO SIN RUEDAS PARA LOCOMOTORA U18-C Y C21	UND		0,00	reparar
500L02	U20	EJE NUEVO SIN RUEDAS PARA LOCOMOTORA U20-C	UND		0,00	reparar
500L03	U18	EJE USADO SIN RUEDAS DE LOCOMOTORA U18-C Y C21	UND		0,00	reparar
500L04	U20	EJE USADO SIN RUEDAS DE LOCOMOTORA U20-C	UND		0,00	reparar
500L05	U18	WHEEL SET USADO DE LOCOMOTORA U18C y C21 CON RODAMIENTOS	SET		0,00	reparar
500L06	U18	WHEEL SET USADO DE LOCOMOTORA U18C Y C21 SIN RODAMIENTOS	SET		0,00	reparar
500L07	U18	WHEEL SET USADO DE LOCOMOTORA U18C Y C21 CON UN RODAMIENTO	SET		0,00	reparar
500L08	U20	WHEEL SET USADO DE LOCOMOTORA U20C CON RODAMIENTOS	SET		0,00	reparar

Fuente. Autores.

8.2.3 Kardex general: consiste en un registro de los movimientos de cada uno de los elementos del stock con su respectiva fecha, con el fin de conocer la cantidad de cada uno de dichos elementos en la fecha deseada, poder hacer un seguimiento de la variación de su cantidad y la causa de la misma.

Figura 48. Pestaña de kardex general.

Referencia	Fecha	Soporte	Código	Descripción	Cantidad	Saldo a fecha
5"X9"	19/05/2015		500G02	EJE NUEVO DE GONDOLA SIN RUEDAS STANDARD	-6,00	6,00
5"X9"	18/05/2015		500G02	EJE NUEVO DE GONDOLA SIN RUEDAS STANDARD	-7,00	12,00
5"X9"	17/05/2015		500G02	EJE NUEVO DE GONDOLA SIN RUEDAS STANDARD	-6,00	19,00
5"X9"	16/05/2015		500G02	EJE NUEVO DE GONDOLA SIN RUEDAS STANDARD	-7,00	25,00
5"X9"	15/05/2015		500G02	EJE NUEVO DE GONDOLA SIN RUEDAS STANDARD	-6,00	32,00
5"X9"	14/05/2015		500G02	EJE NUEVO DE GONDOLA SIN RUEDAS STANDARD	-7,00	38,00
5"X9"	13/05/2015		500G02	EJE NUEVO DE GONDOLA SIN RUEDAS STANDARD	-6,00	45,00
5"X9"	12/05/2015		500G02	EJE NUEVO DE GONDOLA SIN RUEDAS STANDARD	-7,00	51,00
5"X9"	11/05/2015		500G02	EJE NUEVO DE GONDOLA SIN RUEDAS STANDARD	-6,00	58,00
5"X9"	10/05/2015		500G02	EJE NUEVO DE GONDOLA SIN RUEDAS STANDARD		58,00
5"X9"	10/05/2015		500G02	EJE NUEVO DE GONDOLA SIN RUEDAS STANDARD	-7,00	6,00
5"X9"	09/05/2015		500G02	EJE NUEVO DE GONDOLA SIN RUEDAS STANDARD	-7,00	13,00
5"X9"	08/05/2015		500G02	EJE NUEVO DE GONDOLA SIN RUEDAS STANDARD	-6,00	20,00
5"X9"	07/05/2015		500G02	EJE NUEVO DE GONDOLA SIN RUEDAS STANDARD	-7,00	26,00
5"X9"	06/05/2015		500G02	EJE NUEVO DE GONDOLA SIN RUEDAS STANDARD	-6,00	33,00
5"X9"	05/05/2015		500G02	EJE NUEVO DE GONDOLA SIN RUEDAS STANDARD	-7,00	39,00
5"X9"	04/05/2015		500G02	EJE NUEVO DE GONDOLA SIN RUEDAS STANDARD	-6,00	46,00
5"X9"	02/05/2015		500G02	EJE NUEVO DE GONDOLA SIN RUEDAS STANDARD	-6,00	58,00
5"X9"	02/05/2015		500G02	EJE NUEVO DE GONDOLA SIN RUEDAS STANDARD	-6,00	52,00
5"X9"	01/05/2015		500G02	EJE NUEVO DE GONDOLA SIN RUEDAS STANDARD	-6,00	6,00
5"X9"	01/05/2015		500G02	EJE NUEVO DE GONDOLA SIN RUEDAS STANDARD		58,00
Total						523,00

Fuente. Autores.

8.3 MODULO SDE (SEGUIMIENTO DE EJES)

Modulo diseñado con el fin de registrar toda la información correspondiente a los trabajos de producción realizados en taller. Se debe realizar control y seguimiento de dichos trabajos, para ello se toma como referencia a los ejes como parte principal de los Wheel sets.

FENOCO S.A cuenta con dos formatos para consignar información de trabajos los cuales denomina protocolos. El primero es el formato de clasificación. Es donde se registra la información referente a los Wheel sets usados que se reciben en taller, la numeración de cada uno de sus elementos, y la clasificación del eje como resultado de las diferentes pruebas realizadas, las fechas y nombres de quienes realizaron los diferentes trabajos a dichos Wheel sets.

Figura 52. Formato de clasificación.

RELACION DE EJES DESEMPATADOS Y/O DESCARTADOS													
EJES DESCARTADOS													
ITEM	TIPO DE EJE	FECHA DESEMPATE	No. SERIE EJE	CAUSA DEL DESCARTE					No. SERIE RUEDA # 1	No. SERIE RUEDA # 2	No. SERIE RODAM.#1	No. SERIE RODAM.#2	No. SERIE CATALINA
				ULTRAGRIDO	TALADRO EN RODAMIENTO	DAÑO ASIENTO DE RUEDA	EXCENRICIDAD	OTROS					
1	GONDOLA	04/06/2013	SF 667				X		43227	43209	38422	25708	
2	GONDOLA	04/06/2013	F 086		X				88062	19471	3770	364486	
3	GONDOLA	04/06/2013	335 FT	X					42834	16750	85071	51705	
4	GONDOLA	04/06/2013	F 051		X				38332	38281	45031	35122	
5	GONDOLA	04/06/2013	F 71	X					2354	16357	45700	65954	
6	GONDOLA	04/06/2013	711	X					18999	89306	45997	49020	
7	GONDOLA	04/06/2013	F086		X				73935	87587	60154	44285	
8	GONDOLA	04/06/2013	F 01128				X		16825	74024	7078	400514	
9	GONDOLA	04/06/2013	36F		X				16818	76766	65057	32217	
10	GONDOLA	04/06/2013	F 01162				X		42433	91199	417198	417838	
11	GONDOLA	04/06/2013	10 FT	X					73219	88561	8820	20948	
12	GONDOLA	04/06/2013	21078 F				X		11355	41396	402453		
13	GONDOLA	04/06/2013	050160 FT		X				87380	43221	19536	6632	
14	GONDOLA	04/06/2013	F 20638				X		94827	93384	55442	32185	
15	GONDOLA	04/06/2013	10T				X		18137	18134	78505	50962	
16	GONDOLA	04/06/2013	80F	X					18056	88236	19568	403391	
17	GONDOLA	04/06/2013	F 01285		X				87611	97613	427589	42664	
18	GONDOLA	04/06/2013	F 01183		X				42073	41988	55226	84973	

Fuente. Fenoco.

El segundo formato manejado por la empresa se denomina protocolo de Wheel sets armados, el cual cuenta con la información correspondiente al tipo de eje utilizado, los diámetros de los asientos de rueda, diámetros internos de las ruedas barrenadas, nombre del barrenador, fecha de montaje, presión de empate de cada rueda, numeración de cada uno de sus elementos (eje, rueda, y rodamientos).

Al momento de registrar Wheel sets en una orden de entrada, el programa internamente realiza un proceso de desagrupar cada uno de sus componentes y registrarlos por separado en el stock (eje usado, ruedas usadas y rodamientos usados). A su vez automáticamente registra los ejes en este módulo, con su respectiva fecha de recepción, código interno de elemento y código de soporte el cual corresponde a la orden de ingreso, año y posición dentro de la misma.

El formato permite registrar toda la información relacionada con cada eje. Para un Wheel set usado se tiene la información de fecha de clasificación, fecha de recepción, estado del eje según la clasificación realizada, numeración y códigos internos del eje, las ruedas, y los rodamientos de dicho Wheel set. Adicionalmente se cuenta con un código de soporte el cual corresponde a la orden de ingreso y consecutivo con el cual fue registrado en el programa.

Figura 55. Formato clasificación.

Cor	Fecha receç	Códig	Soporte	Clasificación	Fecha de clasifica	Clasificó	Número de eje	Serie del eje	Código rueda	Serie rueda 1	Seri
450	18/05/2015	500G04	O-3-15/27	Pendiente de Ultrasonido	18-may-15	CARLOS OROZCO	F5820		500G08	235267	3345
460	18/05/2015	500G04	O-3-15/27	Pendiente de Ultrasonido	18-may-15	CARLOS OROZCO	FT0658		500G08	325235	4363
447	18/05/2015	500G04	O-3-15/27	Pendiente de Ultrasonido	18-may-15	CARLOS OROZCO	F3423		500G08	356783	4524
449	18/05/2015	500G04	O-3-15/27	Pendiente de Ultrasonido	18-may-15	CARLOS OROZCO	F12415		500G08	3568734	3683
446	18/05/2015	500G04	O-3-15/27	Chatarra	18-may-15	CARLOS OROZCO	F92362		500G08	578468	3587
451	18/05/2015	500G04	O-3-15/27	Pendiente de Ultrasonido	18-may-15	CARLOS OROZCO	T6784		500G08	76959	2357
452	18/05/2015	500G04	O-3-15/27	Pendiente de Ultrasonido	18-may-15	CARLOS OROZCO	34627S		500G08	367379	5484
459	18/05/2015	500G04	O-3-15/27	Pendiente de Ultrasonido	18-may-15	CARLOS OROZCO	T678945		500G08	5462412	6846
454	18/05/2015	500G04	O-3-15/27	Pendiente de Ultrasonido	18-may-15	CARLOS OROZCO	42346T		500G08	3572421	5473
455	18/05/2015	500G04	O-3-15/27	Chatarra	18-may-15	CARLOS OROZCO	623452F		500G08	1341345	4353
456	18/05/2015	500G04	O-3-15/27	Pendiente de Ultrasonido	18-may-15	CARLOS OROZCO	46309F		500G08	246789	2436
457	18/05/2015	500G04	O-3-15/27	Pendiente de Ultrasonido	18-may-15	CARLOS OROZCO	23671FT		500G08	24528	2461
458	18/05/2015	500G04	O-3-15/27	Pendiente de Ultrasonido	18-may-15	CARLOS OROZCO	TR23567		500G08	3568357	2452
453	18/05/2015	500G04	O-3-15/27	Pendiente de Ultrasonido	18-may-15	CARLOS OROZCO	TF32462		500G08	245728	3574
448	18/05/2015	500G04	O-3-15/27	Con talladura para Reparaci	18-may-15	CARLOS OROZCO	F07624		500G08	2756589	4452

Fuente. Autores.

Figura 56. Formato de clasificación.

Inicio		Control de ejes						
Seguimiento		Resumen de ejes		Etapa de clasificación			Etapa de armado	
Número de eje	Serie del eje	Código rueda	Serie rueda 1	Serie rueda 2	Código rodamiento	Serie rodamiento 1	Serie rodamiento 2	Quitó rodamiento
F5820	500G08	500G08	235267	33452345	500R06	3568467	135358	YAN CARLOS
FT0658	500G08	500G08	325235	436387	500R06	648568	233472	YAN CARLOS
F3423	500G08	500G08	356783	452452	500R06	4674653	243627	YAN CARLOS
F12415	500G08	500G08	3568734	368369	500R06	245246	245678	YAN CARLOS
F92362	500G08	500G08	578468	358736	500R06	5684568	356828	YAN CARLOS
T6784	500G08	500G08	76959	2357468	500R06	3563257	836888	YAN CARLOS
346275	500G08	500G08	367379	548468	500R06	357356	3547141	YAN CARLOS
T678945	500G08	500G08	5462412	684689	500R06	245234	2345734	YAN CARLOS
42346T	500G08	500G08	3572421	547345	500R06	52435	7935698	YAN CARLOS
623452F	500G08	500G08	1341345	4353587	500R06	456789	3145131	YAN CARLOS
46309F	500G08	500G08	246789	2436278	500R06	46794	1246237	YAN CARLOS
23671FT	500G08	500G08	24528	246131	500R06	870968	135175	YAN CARLOS
TR23567	500G08	500G08	3568357	245246	500R06	25421	135427	YAN CARLOS
TF32462	500G08	500G08	245728	3574356	500R06	231516	23462387	YAN CARLOS
F07624	500G08	500G08	2756589	445245	500R06	3457990	2436727	YAN CARLOS

Fuente. Autores.

Es importante conocer quien realiza los diferentes trabajos como clasificación, barrenado y desempate de rodamientos a cada eje por lo tanto se cuenta con una casilla donde se selecciona el nombre del trabajador quien llevo a cabo la operación.

Para comodidad de usuario, se pueden identificar las dos partes del cuadro por dos colores característicos; naranja para la parte de clasificación y verde para armado. La sección del cuadro de armado de Wheel sets se utiliza tanto para los ejes nuevos o reconstruidos como para los ejes usados previamente clasificados. Se tiene un registro de la fecha en la que se realizó el montaje de cada Wheel set y su fecha de envío.

En esta parte del cuadro se registra la información técnica referente a diámetros de eje, diámetros internos de rueda, los números de serie, códigos internos de ruedas y rodamientos con sus respectivas presiones de empuje.

Figura 57. Formato de amado.

Inicio		Control de ejes						
Seguimiento		Resumen de ejes						
Etapa de clasificación		Etapa de armado						
Barrenado	Fecha de monta	Asiento de rueda	Diametro interno ruez	Código rueda empate	Serie rueda 1 sa	Presión rueda 1	Serie rueda 2 sa	Presión rueda 2
MIKE VELASQUEZ	23-abr-15	7.000,0000	6.993,0000	500G09	3463627	80,00	1341234	80,00
MIKE VELASQUEZ	23-abr-15	7.000,0000	6.993,0000	500G09	4695497	80,00	123414	80,00
MIKE VELASQUEZ	23-abr-15	7.000,0000	6.993,0000	500G09	5795799	80,00	314123	80,00
MIKE VELASQUEZ	23-abr-15	7.000,0000	6.993,0000	500G09	5795769	80,00	13413	80,00
						0,00		
MIKE VELASQUEZ	23-abr-15	7.000,0000	6.993,0000	500G09	5679579	80,00	132165	80,00
MIKE VELASQUEZ	23-abr-15	7.000,0000	6.993,0000	500G09	56795679	80,00	14351	80,00
MIKE VELASQUEZ	23-abr-15	7.000,0000	6.993,0000	500G09	365356	80,00	143616	80,00
MIKE VELASQUEZ	23-abr-15	7.000,0000	6.993,0000	500G09	356257	80,00	134616	80,00
						0,00		0,00
MIKE VELASQUEZ	23-abr-15	7.000,0000	6.993,0000	500G09	4568469	80,00	314324	80,00
MIKE VELASQUEZ	23-abr-15	7.000,0000	6.993,0000	500G09	469469	80,00	2314132	80,00
MIKE VELASQUEZ	23-abr-15	7.000,0000	6.993,0000	500G09	5687456	80,00	1324123	80,00
MIKE VELASQUEZ	23-abr-15	7.000,0000	6.993,0000	500G09	4684658	80,00	34515	80,00

Fuente. Autores.

Figura 58. Formato de armado.

Inicio		Control de ejes			
Seguimiento		Resumen de ejes			
Etapa de clasificación		Etapa de armado			
Código rodamiento empate	Serie rodamiento 1 salida	Presión rod.	Serie rodamiento 2 salida	Presión rod.	Fecha de envío a puerto
500R04	123413	175,00	2346721	175,00	24-abr-15
500R04	134123	175,00	34572	175,00	24-abr-15
500R04	13516	175,00	73457	175,00	24-abr-15
500R04	134614	175,00	34573	175,00	24-abr-15
		0,00		0,00	
500R04	513461	175,00	356838	175,00	24-abr-15
500R04	134671	175,00	35838	175,00	24-abr-15
500R04	41571	175,00	35483	175,00	24-abr-15
500R04	24572	175,00	35683	175,00	24-abr-15
		0,00		0,00	
500R04	35683	175,00	34583	175,00	24-abr-15
500R04	35683	175,00	34583	175,00	24-abr-15
500R04	13514	175,00	15351	175,00	24-abr-15
500R04	23488	175,00	234527	175,00	24-abr-15

Fuente. Autores.

La pestaña resumen de ejes consta del mismo cuadro que en el módulo de stock, se tiene de manera práctica para que el usuario pueda consultar dentro del mismo modulo la cantidad de cada uno de los ejes y su estado en caso de que se necesite realizar alguna verificación de la información del módulo de control de ejes.

Figura 59. Resumen de ejes.

Inicio Control de ejes

Seguimiento Resumen de ejes

Clasificación	Código	Referencia	Descripción	Cuenta
Para abrir y retornear NF	505G04	6X11	EJE DE TOLVA USADO SIN RUEDAS	5,00
Para acomodo y retorneo WF	505G04	6X11	EJE DE TOLVA USADO SIN RUEDAS	32,00
Para Clasificar	500G04	5"X9"	EJE DE GONDOLA USADO SIN RUEDAS	45,00
Para Clasificar	505G04	6X11	EJE DE TOLVA USADO SIN RUEDAS	30,00
salida de FENOCO	500G04	5"X9"	EJE DE GONDOLA USADO SIN RUEDAS	15,00
Stock Entrada	500G02	5"X9"	EJE NUEVO DE GONDOLA SIN RUEDAS STANDARD	32,00
Stock Entrada	500G04	5"X9"	EJE DE GONDOLA USADO SIN RUEDAS	89,00
Stock Entrada	500G23	5 1/2X10	EJE DE GONDOLA NUEVO 5 1/2X10	8,00
Stock Entrada	505G04	6X11	EJE DE TOLVA USADO SIN RUEDAS	1,00
Total				257,00

Fuente. Autores.

Mediante este módulo se pueden conocer los tiempos de permanencia en taller de cada eje, lo cual puede ser la base para un análisis más profundo con el fin de optimizar los procesos de manufactura ejecutados. A su vez la información de clasificación puede ser utilizada para un estudio de causas de falla de los ejes por parte de las empresas fabricantes.

8.4 MODULO RUS (REPORTES Y UTILIDADES DEL SISTEMA)

Figura 60. Módulo de reportes y utilidades



Fuente. Autores.

Este módulo cuenta con cuatro opciones principales:

8.4.1 Lista de piezas: es un listado de todos los elementos que se trabajan en el taller. Se registra de manera detallada la información correspondiente a cada elemento que se desee visualizar y controlar en el stock correspondiente a cada una de las empresas clientes. Cuenta con casillas para: código, referencia, descripción, unidades y marca. Por medio de dicha información puede ser buscado dicho ítem dentro del programa para mayor facilidad.

Figura 61. Lista de piezas.

Código	Referencia	Descripción	Unid	Marca	Consumible	Cant mín	Cant máx	Es eje	Es rueda	Es rodamientr
500G01	5'x9"	EJE NUEVO DE GONDOLA SIN RUEDAS SOBRE MEDIDA 7.125"	UND		<input type="checkbox"/>	0,00	0,00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
500G02	5'x9"	EJE NUEVO DE GONDOLA SIN RUEDAS STANDARD	UND		<input type="checkbox"/>	44,82	64,00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
500G03	5'x9"	EJE DE GONDOLA RECONSTRUIDO SIN RUEDAS	UND		<input type="checkbox"/>	0,00	0,00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
500G04	5'x9"	EJE DE GONDOLA USADO SIN RUEDAS	UND		<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	0,00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
500G05	WS	WHEEL SET USADO CON RODAMIENTOS	SET		<input type="checkbox"/>	0,00	0,00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
500G06	WS	WHEEL SET USADO CON UN RODAMIENTO	SET		<input type="checkbox"/>	0,00	0,00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
500G07	WS	WHEEL SET USADO SIN RODAMIENTOS	SET		<input type="checkbox"/>	0,00	0,00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
500G08	28"	RUEDA DE GONDOLA USADA	UND		<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	0,00	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
500G09	28"	RUEDA NUEVA DE GONDOLA	UND		<input checked="" type="checkbox"/>	89,62	128,00	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
500G10	28"	RUEDA NUEVA PARA GONDOLA SOBRE MEDIDA	UND		<input type="checkbox"/>	0,00	0,00	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
500G11	WS	WHEEL SET PARA ARMAR	SET		<input type="checkbox"/>	0,00	0,00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
500G12	WS	WHEEL SET ARMADOS	SET		<input type="checkbox"/>	0,00	0,00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
500G23	5 1/2x10	EJE DE GONDOLA NUEVO 5 1/2x10	UND		<input type="checkbox"/>	0,00	0,00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
500G24	5x9"	EJE DE GONDOLA CON TALLADURA PARA REPARACION	UND		<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	0,00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
500G25	5x9"	EJE DE GONDOLA CHATARRA	UND		<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	0,00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
500L01	U18	EJE NUEVO SIN RUEDAS PARA LOCOMOTORA U18-C Y C21	UND		<input type="checkbox"/>	0,00	0,00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
500L02	U20	EJE NUEVO SIN RUEDAS PARA LOCOMOTORA U20-C	UND		<input type="checkbox"/>	0,00	0,00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
500L03	U18	EJE USADO SIN RUEDAS DE LOCOMOTORA U18-C Y C21	UND		<input type="checkbox"/>	0,00	0,00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
500L04	U20	EJE USADO SIN RUEDAS DE LOCOMOTORA U20-C	UND		<input type="checkbox"/>	0,00	0,00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
500L05	U18	WHEEL SET USADO DE LOCOMOTORA U18C Y C21 CON RODAMIENTOS	SET		<input type="checkbox"/>	0,00	0,00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
500L06	U18	WHEEL SET USADO DE LOCOMOTORA U18C Y C21 SIN RODAMIENTOS	SET		<input type="checkbox"/>	0,00	0,00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
500L07	U18	WHEEL SET USADO DE LOCOMOTORA U18C Y C21 CON UN RODAMIENTO	SET		<input type="checkbox"/>	0,00	0,00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
500L08	U20	WHEEL SET USADO DE LOCOMOTORA U20C CON RODAMIENTOS	SET		<input type="checkbox"/>	0,00	0,00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
500L09	U20	WHEEL SET USADO DE LOCOMOTORA U20 SIN RODAMIENTOS	SET		<input type="checkbox"/>	0,00	0,00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
500L10	U20	WHEEL SET USADO DE LOCOMOTORA U20 CON UN RODAMIENTO	SET		<input type="checkbox"/>	0,00	0,00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
500L11	RUEDA LOCOM	RUEDA INTEGRAL USADA PARA LOCOMOTORA	UND		<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	0,00	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
500L12	RUEDA LOCOM	RUEDA INTEGRAL NUEVA PARA LOCOMOTORA	UND		<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	0,00	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
500L13	LLANTA	LLANTAS (AROS) NUEVOS PARA EJE DE LOCOMOTORA	UND		<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	0,00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
500L14	LLANTA	LLANTAS (AROS) USADOS	UND		<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	0,00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fuente. Autores.

Para facilitar la selección de los elementos por parte del usuario en el módulo de seguimiento de ejes, y los procesos internos realizados por el programa, es necesario clasificarlos dentro de cuatro tipos diferentes; Consumible, Eje, Rueda y Rodamiento; esta clasificación se lleva a cabo por medio de casillas seleccionables.

Mediante una ventana de cálculos que se despliega para cada uno de los elementos, se pueden calcular y establecer cantidades como: cantidad mínima, cantidad óptima de pedido, cantidad de pedido inicial, inventario de seguridad y tiempo de revisión. Estos cálculos se realizan ingresando parámetros de entrada como cantidad máxima de almacenamiento, tiempo de entrega del elemento por parte del proveedor y la demanda de consumo de dicho elemento. Estos cálculos se realizan con el fin de establecer las alertas respectivas y llevar a cabo el control de stock para cada uno de los elementos basado en una política de inventarios de revisión periódica.

Figura 62. Ventana de cálculos.

The screenshot shows a window titled 'Cálculos de inventario' with the following fields and values:

Código	500G01			
Cantidad máxima	0,00			
Tiempo de entrega	0,00	Días		
Input Demanda	0,00	Cada	1	Días
Demanda diaria	0,00			
Cantidad mínima	0,00			
Cantidad de seguridad	0,00			
Tiempo de revisión	0,00	Días		
Pedido inicial	0,00			
Pedido óptimo	0,00			

Fuente. Autores.

8.4.2 Empresas: por medio de esta opción se abre una ventana en la cual se registra la información correspondiente a cada empresa y datos de su respectivo contacto. Esta opción cuenta con la posibilidad de incluir más empresas a la base de datos en caso de que se empezaran a realizar trabajos y servicios para ellas.

Figura 63. Registro de empresas.

The screenshot shows the 'Registro de empresas' window overlaid on the Fenoco inventory management interface. The interface includes a navigation bar with 'Inicio', 'Control de ejes', 'Cerrar sesión', 'Configuraciones', and 'Perfil'. The main content area displays the Fenoco logo and 'GESTOR DE INVENTARIO'. A sidebar on the right contains 'SEGUIMIENTO DE EJES' and 'REPORTES Y UTILIDADES DEL SISTEMA'. The 'Registro de empresas' window contains the following information:

* Razón social	DRUMMOND LTD
* Nombre comercial	DRUMMOND COLOMBIA
* NIT	
Dirección	
Observaciones	
* Contacto	IVAN FERNANDEZ
* Teléfono 1	
Teléfono 2	
Email	ifernandez@drummondLtd.com
Activo	<input checked="" type="checkbox"/>

At the bottom of the window, there is a pagination control showing 'Registro: 1 de 4' and a search bar with 'Sin filtro' and 'Buscar'.

Fuente. Autores.

8.4.3 Grupos de piezas: mediante esta ventana se establecen las diferentes configuraciones de sets de ruedas manejados en stock especificando sus elementos y cantidades. Estos grupos de piezas permiten al programa realizar todos los procesos internos de agrupado y desagrupado de piezas respectivos.

Figura 64. Página grupos de piezas.

Código	Referencia	+ Descripción																				
500G05	WS	WHEEL SET USADO CON 2 RODAMIENTOS																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cantidad</th> <th>Código</th> <th>Referencia</th> <th>+ Descripción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>500G04</td> <td>5"X9"</td> <td>EJE DE GONDOLA USADO SIN RUEDAS</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>500G08</td> <td>28"</td> <td>RUEDA DE GONDOLA USADA</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>500R09</td> <td>C5 1/2X10</td> <td>RODAMIENTOS DE GONDOLA PARA ENVIAR A REPARACION C5 1/</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>*</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Cantidad	Código	Referencia	+ Descripción	1	500G04	5"X9"	EJE DE GONDOLA USADO SIN RUEDAS	2	500G08	28"	RUEDA DE GONDOLA USADA	2	500R09	C5 1/2X10	RODAMIENTOS DE GONDOLA PARA ENVIAR A REPARACION C5 1/	0	*		
Cantidad	Código	Referencia	+ Descripción																			
1	500G04	5"X9"	EJE DE GONDOLA USADO SIN RUEDAS																			
2	500G08	28"	RUEDA DE GONDOLA USADA																			
2	500R09	C5 1/2X10	RODAMIENTOS DE GONDOLA PARA ENVIAR A REPARACION C5 1/																			
0	*																					
500G06	WS	WHEEL SET USADO CON UN RODAMIENTO																				
500G07	WS	WHEEL SET USADO SIN RODAMIENTOS																				
500L05	WS	WHEEL SET USADO PARA LOCOMOTORA U18C Y C21 CON RODAMIENTOS																				
500L06	WS	WHEEL SET USADO PARA LOCOMOTORA U18C Y C21 SIN RODAMIENTOS																				
500L07	WS	WHEEL SET USADO PARA LOCOMOTORA U18C Y C21 CON UN RODAMIENTO																				
500L08	WS	WHEEL SET USADO PARA LOCOMOTORA U20 CON RODAMIENTOS																				
500L09	WS	WHEEL SET USADO PARA LOCOMOTORA U20C SIN RODAMIENTOS																				
500L10	WS	WHEEL SET USADO PARA LOCOMOTORA U20 CON UN RODAMIENTO																				
500L22	WS	WHEEL SET PARA LOCOMOTORA U18C Y C21 ARMADOS LISTOS																				
505G05	SET	WHEEL SET USADO CON RODAMIENTOS																				
505G06	SET	WHEEL SET USADO CON UN RODAMIENTO																				
505G07	SET	WHEEL SET USADO SIN RODAMIENTOS																				

Fuente. Autores.

8.4.4 Reportes: Esta opción se diseñó para generar tres tipos de reportes; clasificación, empates o armado y reportes de existencias.

Se cuenta con una ventana donde el usuario selecciona el tipo de reporte que desea elaborar, la empresa y un rango de fechas.

La información para los reportes de clasificación y empates se extrae del módulo de trabajos, o seguimiento de ejes, a su vez la información de los reportes de existencias se extrae del módulo de stock o inventario.

El reporte de clasificación consta de la información de los sets de ruedas usados recibidos en taller y el resultado de los trabajos de clasificación realizados, para el

rango de fechas seleccionado. Dicho resultado de clasificación consta de un código cuya especificación corresponde a una posición en el listado de estados del programa. Este reporte cuenta con una tabla en la parte inferior izquierda a modo de resumen donde se especifica el código de cada estado, su descripción y su cantidad.

Figura 65. Reporte de clasificación.

F-Rec		F-Clas	Código	CóC	Clasifcód	Número de eje	Serie del eje	Serie rueda 1	Serie rueda 2	Serie rod 1	Serie rod 2	Quitó rod
18/05	18/05	500G04	4	CO	FT0658			325235	436987	648568	233472	YC
18/05	18/05	500G04	4	CO	T678845			5462412	684689	245234	2345734	YC
18/05	18/05	500G04	4	CO	TR23567			3568357	245246	25421	135427	YC
18/05	18/05	500G04	4	CO	23671FT			24528	246131	870968	135175	YC
18/05	18/05	500G04	4	CO	46309F			246789	2436278	46794	1246237	YC
18/05	18/05	500G04	6	CO	623452F			1341345	4353587	456789	3145131	YC
18/05	18/05	500G04	4	CO	42346T			3572421	547345	52435	7935698	YC
18/05	18/05	500G04	4	CO	TF92462			245728	3574356	231516	23462387	YC
18/05	18/05	500G04	4	CO	346275			367379	548468	357356	3547141	YC
18/05	18/05	500G04	4	CO	T6784			76959	2357468	3562257	836888	YC
18/05	18/05	500G04	4	CO	F5820			235267	33452345	3568467	135358	YC
18/05	18/05	500G04	4	CO	F12415			3568734	368369	245246	245678	YC
18/05	18/05	500G04	5	CO	F07624			2756589	445245	3457990	2436727	YC
18/05	18/05	500G04	4	CO	F3423			356783	452452	4674653	243627	YC
18/05	18/05	500G04	6	CO	F92362			578468	358736	5684568	356828	YC

Códigos de clasificación		
CóC	Clasificación	Cuenta
4	Pendiente de Ultrasonido	12
5	Con tallado para Reparación	1
6	Chatarra	2

Reporte de clasificación. Impreso en GDI por AGE el 10/04/2015 07:53:04 a.m. Página 1 de 1

Fuente. Autores.

El reporte de empates cuenta con la información resumida correspondiente al armado de Wheel sets dentro de las fechas seleccionadas, información que corresponde a la sección de armado de Wheel sets del módulo de trabajos o seguimiento de ejes.

Figura 66. Reporte de empate de ejes.

 Fenoco Ferrocarriles del Norte de Colombia S.A. TALLER DE RUEDAS Y EJES		REPORTE DE EMPATE DE EJES PROTOCOLO DE WHEEL SETS ARMADOS					Cliente 500 - DRUMMOND Rango de fechas de montaje Desde 01-abr-15 Hasta 01-abr-16			
F-Mon	Número de eje	Serie del eje	Serie rueda 1	Serie rueda 2	Presión rda 1	Presión rda 2	Serie rod 1	Serie rod 2	Barrenado	F-Inv
23/04	F70658		4695497	123414	80,00	80,00	134123	34572	MV	24/04
23/04	T678945		365356	143616	80,00	80,00	41571	35483	MV	24/04
23/04	TR23567		5687456	1324123	80,00	80,00	13514	15351	MV	24/04
23/04	23671FT		469469	2314132	80,00	80,00	35683	34583	MV	24/04
23/04	46309F		4568469	314324	80,00	80,00	35683	34583	MV	24/04
23/04	42346T		356257	134616	80,00	80,00	24572	35683	MV	24/04
23/04	TF32462		4684658	34515	80,00	80,00	23488	234527	MV	24/04
23/04	34627S		56795679	14351	80,00	80,00	134671	35838	MV	24/04
23/04	T6784		5679579	132165	80,00	80,00	513461	356838	MV	24/04
23/04	F5820		3463627	1341234	80,00	80,00	123413	2346721	MV	24/04
23/04	F12415		5795769	13413	80,00	80,00	134634	34573	MV	24/04
23/04	F3423		5795799	314123	80,00	80,00	13516	73457	MV	24/04

Fuente. Autores.

El reporte de existencias muestra un listado de elementos y servicios, con su respectiva cantidad total, para la empresa y fecha seleccionada. Este reporte muestra únicamente la cantidad de existencias de los elementos que han presentado movimientos según el registro kardex, una vez implementado el sistema.

Figura 67. Reporte de existencias.



REPORTE DE EXISTENCIAS

Cliente 500 - DRUMMOND

Fecha 19-abr-15

Código	Referencia	Descripción	Saldo
500G02	5"X9"	EJE NUEVO DE GONDOLA SIN RUEDAS STANDARD	96,00
500G04	5"X9"	EJE DE GONDOLA USADO SIN RUEDAS	15,00
500G08	28"	RUEDA DE GONDOLA USADA	30,00
500G09	28"	RUEDA NUEVA DE GONDOLA	120,00
500G12	W5	WHEEL SET ARMADOS	12,00
500R04	C5X9	RODAMIENTOS PARA GONDOLA NUEVOS 5X9	20,00
500R09	C5 1/2X10	RODAMIENTOS DE GONDOLA PARA ENVIAR A REPARACION C5 1/2X10	30,00
500S03	SERV	EMPATE DE RODAMIENTOS DRUMMOND	90,00
500S04	SERV	EMPATE DE RUEDAS DRUMMOND	90,00
500S05	SERV	BARRIVADO DE RUEDA DRUMMOND	90,00
500S06	SERV	PRUEBA DE EXCENTRICIDAD DRUMMOND	40,00
500S07	SERV	MAQUINADO Y LIMPIEZA DRUMMOND	60,00

Fuente. Autores.

El sistema de información cuenta la posibilidad de exportar los reportes a archivos en Microsoft Excel así como también generar dicho reporte como un archivo PDF. Lo anterior representa una ventaja ya que facilita al usuario el envío de información consignada en el programa a los respectivos clientes.

9. MANUAL DE USUARIO

9.1 INGRESO AL SISTEMA

9.1.1 Ingreso al sistema: El ingreso se lleva a cabo ingresando el código de usuario y contraseña registrados, posteriormente seleccionando la opción ingresar.

9.1.2 Registro de usuarios: Se selecciona la opción configuraciones de la página de inicio y posteriormente se digitan los respectivos datos en la tabla de usuarios.

9.1.3 Modificación de perfil de usuario: El usuario selecciona la opción perfil de la página de inicio y realiza el registro de los datos respectivos.

9.1.4 Selección de módulos: En la página de inicio, el usuario selecciona el modulo al que desea ingresar oprimiendo click en el cuadro del respectivo de dicho modulo.

9.2 MODULO DE REGISTROS DE ENTRADAS Y SALIDAS

9.2.1 Consulta de registros: El usuario selecciona del listado el registro que desea consultar y se oprime click en la opción explorar ubicada en la parte inicial del registro, se despliega una ventana donde está la información detallada la cual el usuario puede consultar o modificar.

9.2.2 Nuevo registro de entrada o salida: En el módulo de registros de ingresos y salidas el usuario selecciona la opción nuevo registro, la cual despliega la

ventana de detalles del registro donde se ingresa la información de los elementos que se desean registrar con su respectiva cantidad con magnitud positiva o negativa según el tipo de registro (entrada o salida).

9.3 MODULO DE STOCK O INVENTARIO

9.3.1 Consultas: En el módulo de stock o inventario el usuario selecciona la pestaña en la cual desea consultar información. La información puede ser filtrada, ordenada o seleccionada para mayor facilidad del usuario con el fin de visualizar únicamente la información deseada.

9.3.2 Agregar elementos: En la ventana de kardex agrupado el usuario ingresa la información del elemento que desea agregar, seleccionándolo por código, ingresando su respectiva cantidad y seleccionando la opción agregar.

9.3.3 Eliminar registros: Los registros pueden ser eliminados seleccionándolos y oprimiendo la tecla suprimir, el programa generara un aviso donde el usuario confirmara si desea eliminar dicho registro.

9.3.4 Ajustes: En las respectivas casillas el usuario ingresa la información detallada del elemento al cual desea modificar su cantidad, posteriormente se registra la cantidad que se desea agregar o quitar y la respectiva magnitud positiva o negativa según corresponda. Por último se oprime la tecla enter.

9.3.5 Generación de graficas: El usuario selecciona la opción Generar gráficas, la cual desplegara la ventana de gráficas, se selecciona el elemento y el rango de fechas en el cual se desea graficar y se selecciona la opción actualizar.

9.4 MODULO DE TRABAJOS O SEGUIMIENTO DE EJES

9.4.1 Consultas: El usuario puede realizar consultas filtrando, ordenando o seleccionando la información para su comodidad, oprimiendo click sobre la opción ordenar o filtrar que se encuentra en cada casilla y seleccionando la forma de visualización de información que desee. La opción ordenar o filtrar se encuentra simbolizado con un triángulo en el extremo derecho de la casilla que lleva el título de cada columna.

9.4.2 Registro de información: La información se registra tomando como referencia los ejes que se encuentran relacionados en este módulo, el usuario debe ubicar el respectivo eje al que desea registrar la información, mediante su fecha de recepción, código de registro de ingreso al que pertenece o numero consecutivo del sistema. Posteriormente se procederá a registrar la información correspondiente. Por último se oprime click en la opción ajustes de entrada (AE) o ajustes de salida (AS) ubicadas en la parte izquierda de cada fila, con el fin de realizar el proceso de modificación del inventario según corresponda.

9.4.3 Eliminar información: La información se elimina seleccionando la casilla o fila deseada y oprimiendo la tecla suprimir.

9.5 MODULO DE REPORTE Y UTILIDADES DEL SISTEMA

9.5.1 Lista de piezas: El usuario selecciona la opción lista de piezas para visualizar el listado de piezas registrado, puede registrar nuevos elementos dirigiéndose a la parte inferior y registrando la información completa del elemento a ingresar. Para eliminar un elemento se selecciona la fila y se oprime la tecla suprimir.

9.5.2 Cálculos: La ventana de cálculos se despliega mediante la opción explorar que se encuentra en la parte izquierda de cada fila. Una vez desplegada la ventana, el usuario ingresa los parámetros de entrada, cantidad máxima de almacenamiento, tiempo de entrega y demanda. Los resultados se obtienen oprimiendo la tecla enter y automáticamente las cantidades máximas y mínimas resultantes quedan establecidas para cada elemento para las funciones anteriormente explicadas.

9.5.3 Empresas: Mediante la opción empresas el usuario puede consultar, modificar o agregar información de empresas clientes y los datos de su respectivo contacto en la ventana empresas. La empresa se selecciona desplazándose hacia la izquierda o derecha con las flechas ubicadas en la parte inferior de la ventana de empresas.

9.5.4 Grupos de piezas: Los grupos de piezas pueden ser consultados, eliminados o agregados en la ventana plantilla de grupos de piezas y materiales, desplegada al seleccionar la opción grupos de piezas de la misma manera que se realizó en la opción lista de piezas. La especificación de los componentes se lleva a cabo desplegando la tabla de detalle de dichos elementos mediante la opción detalle ubicado en la parte izquierda de cada fila, ingresando la información de cada elemento de los registrados en la lista de piezas con su respectiva cantidad.

9.5.5 Generación de reportes: Mediante la opción reportes el usuario despliega una ventana donde selecciona el tipo de reporte que desea elaborar, (clasificación, empates o existencias), así como también la empresa cliente a la cual pertenece dicho reporte. Para los reportes de clasificación y empates se selecciona un rango de fechas, para los reportes de existencias se especifica una única fecha. Posteriormente mediante la opción generar el programa muestra el reporte elaborado. El usuario tiene la posibilidad de generar un archivo en PDF o Microsoft

Excel, realizar ediciones al diseño de página e imprimir si lo desea seleccionando las respectivas opciones de la barra de herramientas ubicada en la parte superior.

10. PLAN DE MEJORAMIENTO PARA LA GESTION DE INVENTARIOS PARA EL TALLER DE RUEDAS Y EJES DE FENOCO S.A

A continuación se explicara el plan de mejoramiento el cual consiste en una propuesta de modelo de inventario elaborada para el taller de ruedas y ejes de la empresa FENOCO S.A con cada una de sus características, con el fin de controlar los bienes en existencia así como también complementar y optimizar el funcionamiento del sistema de información implementado.

Generalmente los modelos o políticas de inventarios se basan en la minimización de costos; sin embargo la política de administración de inventarios que se explicara a continuación está basada en la optimización de recursos, teniendo en cuenta limitaciones de espacios, tiempos de entrega de proveedores y demanda.

Teniendo en cuenta que la empresa FENOCO S.A no genera costos de almacenamiento ni costos de pedido, únicamente se ocupa de la prestación de los servicios de producción. El criterio a tener en cuenta para el modelo de inventario sugerido serán las cantidades máximas de almacenamiento, demanda y tiempos de entrega. Con base en ellos se realizaron los respectivos análisis de la política de inventarios que se sugiere implementar.

Con base en el análisis realizado de la producción del año 2014 se pudo determinar que no se estaban cumpliendo las expectativas de los clientes lo cual representaba tanto pérdidas para la empresa como una insuficiencia en la cadena de suministro.

Por lo tanto se tomó la decisión de no realizar una proyección de la demanda con base en los registros anteriores. La demanda se fijara de acuerdo con las

necesidades de cada uno de los clientes y se asumirá como una demanda fija y constante. Dicha demanda determinística está establecida por los clientes en base a estudios y análisis que han realizado según las necesidades de material para los mantenimientos preventivos y correctivos que realizan a sus trenes. Debido a que se considerara la demanda determinística no es necesario contar con un inventario de seguridad.

10.1 MODELO DE INVENTARIO

La política de inventario más apropiada para el taller de ruedas y ejes de la empresa FENOCO S.A teniendo en cuenta las anteriores consideraciones, es el modelo de inventario de revisión periódica con cantidad de pedido fija. En el cual como su nombre lo indica se realiza una revisión cada cierto periodo de tiempo o periodo y las cantidades de pedido están determinadas.

El periodo de tiempo de revisión del inventario se establecerá según los criterios de demanda, tiempos de entrega y capacidades de almacenamiento del taller. Este tiempo de revisión como su nombre lo indica será el periodo de tiempo en el cual se realice una revisión del inventario existente y se realicen los pedidos correspondientes.

En este caso la capacidad de almacenamiento del taller de ruedas y ejes en cuanto a sus componentes principales los cuales son, ruedas, ejes y rodamientos, representa una limitante la cual se tendrá en cuenta dentro de los criterios de la política de inventario que se implementara.

El tiempo de revisión se calcula por medio de la siguiente ecuación.

$$T_R = \frac{Q_{Max}}{D}$$

Ecuación 28

Dónde: T_R = *Tiempo de revision.*

Q_{Max} = *Capacidad maxima de almacenamiento*

D = *Demanda*

Dentro del modelo de inventario propuesto se incluye la técnica de Planificación de requerimientos de material (MRP), ya que la demanda de producto terminado, en este caso los Wheel sets o sets de ruedas para los clientes, se puede considerar como demanda independiente la cual a su vez implica una demanda de cada uno de sus componentes la cual consideraremos como dependiente.

Se realizó una simulación para determinar el comportamiento esperado del stock de los elementos más importantes del taller después de ser implementada la política de inventario en Microsoft Excel, las cuales se mostraran a continuación.

Figura 68. Simulación ruedas Drummond.



Fuente. Autores.

Los cálculos correspondientes a las cantidades se realizan por medio de las siguientes ecuaciones:

$$Q_{Max} = \text{Capacidad máxima de almacenamiento} = 128 \text{ und}$$

$$D = \text{Demanda} = 90 \frac{\text{und}}{\text{semana}} = 12,85 \frac{\text{und}}{\text{dia}}$$

$$T_R = \frac{Q_{Max}}{D} = \frac{128}{12,85} = 9,9$$

$$I_S = \text{inventario de seguridad} = D * 0,9 = 12 \text{ und}$$

$$Q^* = \text{cantidad optima de pedido} = Q_{max} - I_S = 128 - 12 = 116 \text{ und}$$

$$Q_I = \text{stock inicial al implementar la politica} = D * T_E + I_S = 205 \text{ und}$$

Como se puede apreciar en las gráficas, debido a que el tiempo de entrega del elemento es mayor que el tiempo de revisión, se debe contar con un stock inicial superior a la cantidad máxima de almacenamiento, para lo cual se recomienda solicitar provisionalmente espacio en otra área del taller para almacenar estos elementos. En ocasiones cuando se presenta acumulación de material se lleva a cabo esta alternativa por lo cual no representara una dificultad para la implementación de la propuesta. Esta situación se presentara únicamente durante un periodo de tiempo transitorio una vez iniciada la política de inventarios, mientras da una estabilización hasta alcanzar el comportamiento deseado.

Cuando el tiempo de revisión calculado resulta un número entero con decimal, se recomienda seleccionar la cifra anterior como tiempo de revisión, el tiempo restante que corresponde al decimal, se asumirá como un inventario de seguridad multiplicándolo por la demanda diaria. Esta consideración se hace para facilitar el manejo de la política de inventario ya que no considerar un número entero de días de revisión podría generar dificultades para el analista de inventarios.

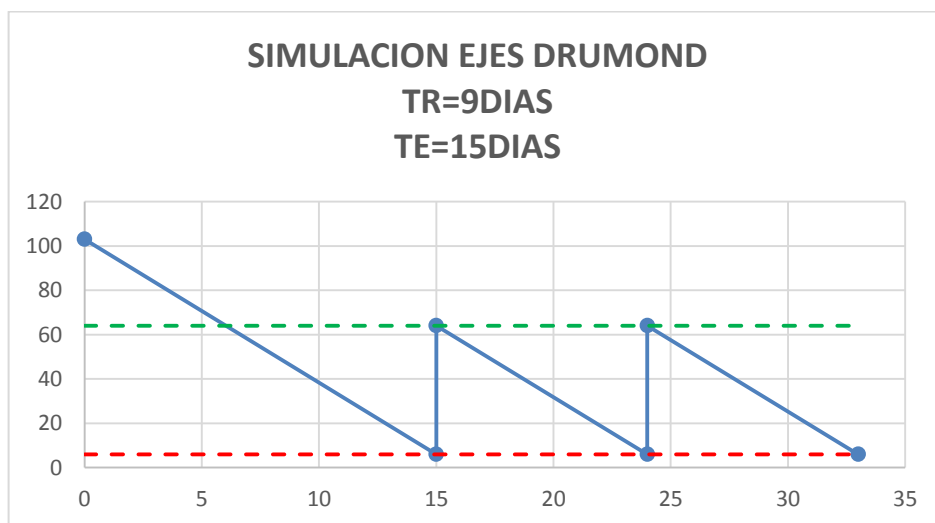
El taller de ruedas y ejes no cuenta con manejo de costos, a su vez, en este plan de mejoramiento se considerara una demanda determinística, es decir fija y

constante. Sin embargo se tendrá en cuenta el concepto de punto de reorden. Dicho punto de reorden no será calculado de la manera tradicional basado en costos, este será calculado en base a los criterios de tiempos de entrega, demanda y cantidades máximas de almacenamiento.

Dentro del sistema de información está integrado un algoritmo el cual realiza un análisis de la ecuación de la recta generada en la gráfica con base en los criterios anteriormente mencionados, calcula y establece el Q mínimo, el cual corresponde a la cantidad teórica que se debería tener de cada elemento en el momento de realizar el pedido, es decir en el momento en que se cumple el tiempo de revisión, con el fin de generar una alerta para realizar el pedido correspondiente.

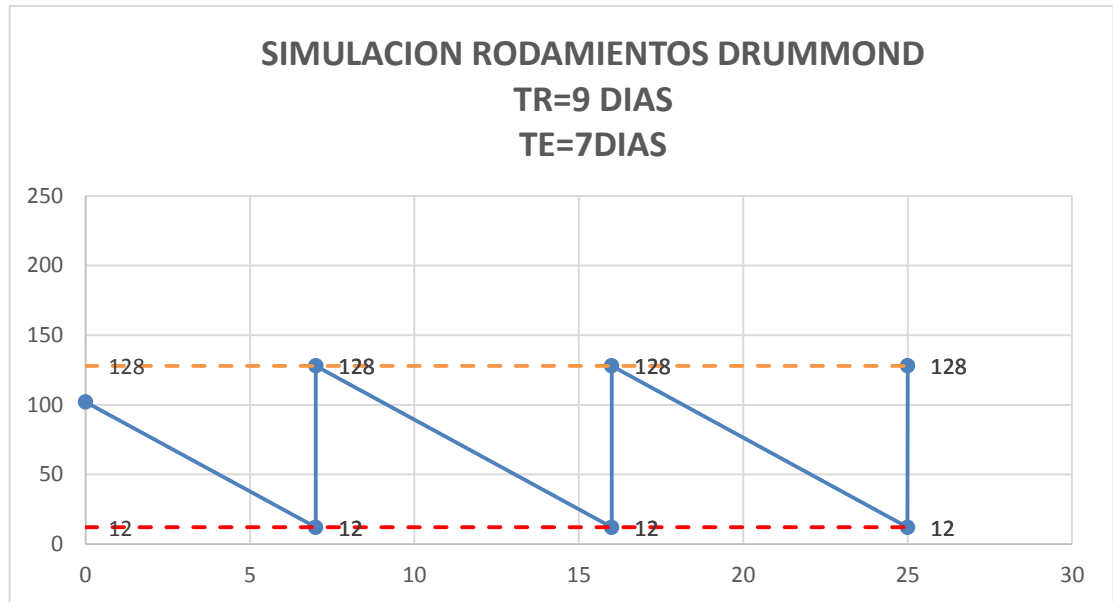
A continuación se muestran las simulaciones de evolución de stock con respecto al tiempo correspondientes a los demás elementos vitales o de mayor importancia en el taller. Las gráficas corresponden al comportamiento teórico que deberían presentar las cantidades de estos elementos una vez implementado este plan de mejoramiento.

Figura 69. Simulación ejes Drummond.



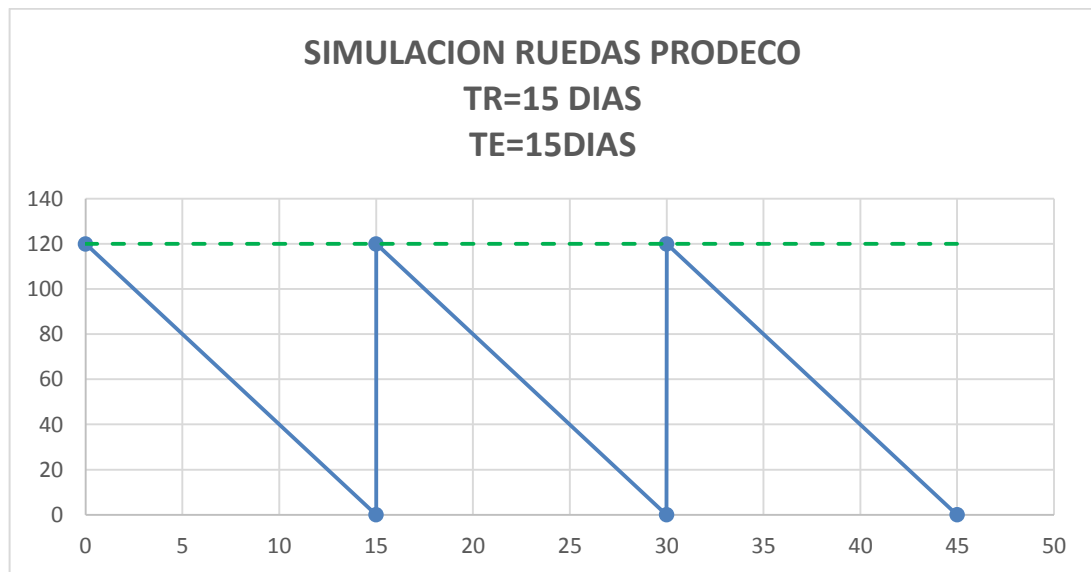
Fuente. Autores.

Figura 70. Simulación rodamiento Drummond.



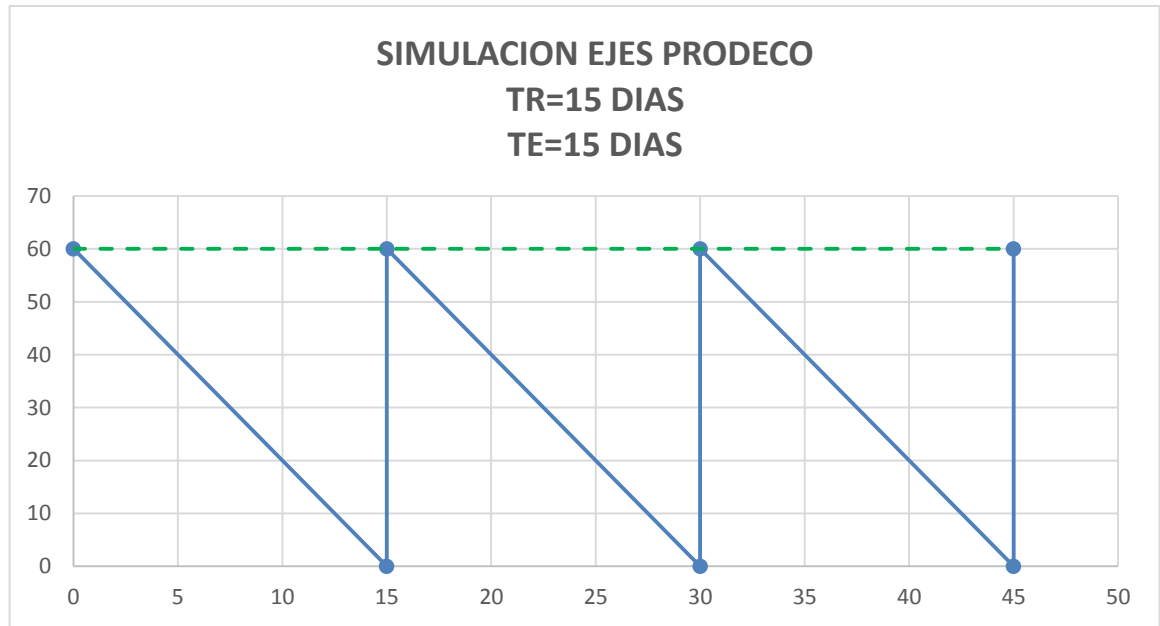
Fuente. Autores.

Figura 71. Simulación ruedas Prodeco.



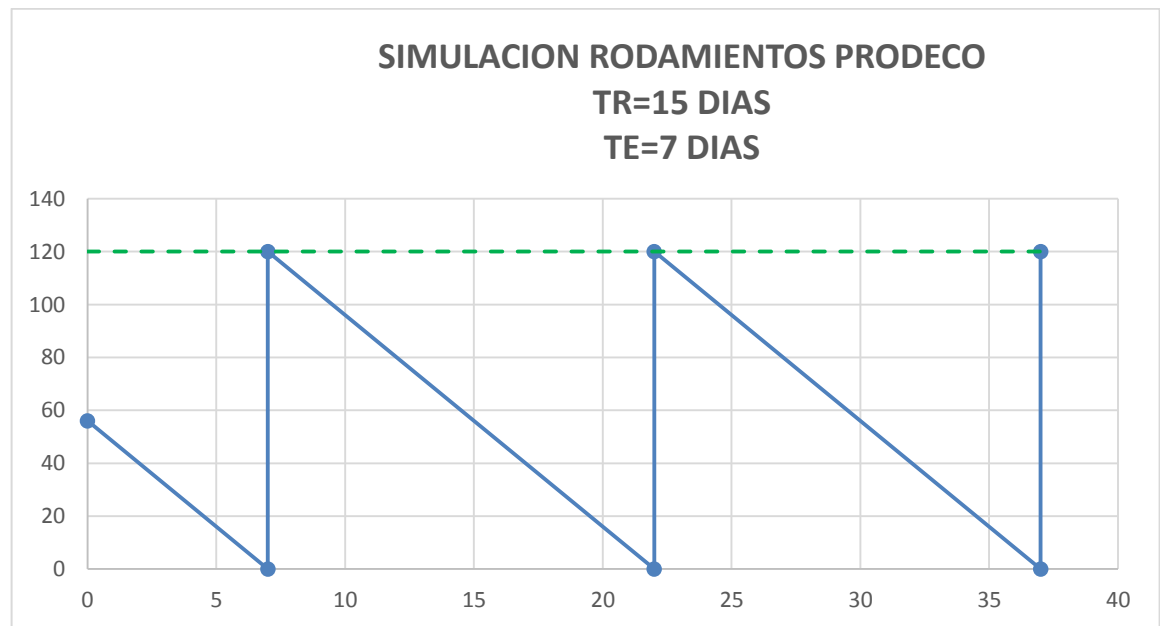
Fuente. Autores.

Figura 72. Simulación ejes Prodeco.



Fuente. Autores.

Figura 73. Simulación rodamientos Prodeco.



Fuente. Autores.

Con la implementación de este modelo de inventario, con sus respectivas consideraciones y la utilización del sistema de información, se espera que se presente un comportamiento de la evolución del stock similar al de las simulaciones anteriormente mostradas.

El sistema de información diseñado para el taller de ruedas y ejes de Fenoco S.A constituye una herramienta importante para la gestión y manejo de su inventario, a su vez su uso puede ser optimizado mediante la implementación del plan de mejoramiento explicado en este capítulo.

11. SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN

Se realizó un ejemplo con el fin de ilustrar las principales funciones del sistema de información, dentro de las cuales se encuentran llevar a cabo un control detallado del inventario y un registro preciso de la información correspondiente a los trabajos realizados en taller.

Debido a políticas de confidencialidad de la empresa no se suministraron datos reales para la elaboración del siguiente ejemplo. Sin embargo se llevó a cabo con datos similares basados en lo observado durante el desarrollo de la práctica empresarial con el fin de tener datos similares a la realidad.

Se realizó un registro de ingreso de elementos en el cual se encuentran 15 sets de ruedas usados para clasificación, y un listado de los respectivos trabajos a realizar. Dichos trabajos simulan una orden de servicios enviada por los clientes.

Figura 74. Registros de entrada y salida de elementos.

The screenshot shows the 'IO' (Inventarios) system interface. At the top, there are buttons for 'Nuevo registro' and 'Archivar'. Below this is the title 'IO' and the subtitle 'Ordenes de entrada y salida de piezas y materiales'. The main section is titled 'DATOS DE IDENTIFICACIÓN' and contains several input fields: 'Número' (value: 3), 'Fecha' (value: 17/04/2015), 'Observaciones' (value: PRUEBA 1 DRUMMOND), 'Creador' (value: ANDRÉS GÓMEZ), and 'Cliente' (value: DRUMMOND LTD). There are also checkboxes for 'Cerrada' (unchecked) and 'Archivada' (checked). Below the form is a table with columns: Id, Código, Referencia, Descripción, Unid, and Cant. The table contains 15 rows of data, with the 14th row highlighted in blue.

Id	Código	Referencia	+ Descripción	Unid	Cant
37	500G05	WS	WHEEL SET USADO CON RODAMIENTOS	SET	15,00
38	500S01	SERV	DESEMPATE DE RODAMIENTOS DRUMMOND	UND	30,00
39	500S02	SERV	DESEMPATE DE RUEDAS DRUMMOND	UND	0,00
40	500S06	SERV	PRUEBA DE EXCENTRICIDAD DRUMMOND	UND	15,00
41	500S07	SERV	MAQUINADO Y LIMPIEZA DRUMMOND	UND	15,00
42	500S05	SERV	BARRENADO DE RUEDA DRUMMOND	UND	30,00
43	500S03	SERV	EMPATE DE RODAMIENTOS DRUMMOND	UND	30,00
44	500S04	SERV	EMPATE DE RUEDAS DRUMMOND	UND	30,00
*	(Nuevo)				0,00

Fuente. Autores.

Se realizó la verificación de las funciones del módulo de inventarios realizando la consulta respectiva.

Figura 75. Kardex agrupado.

Generar gráficas

Alertas Kardex agrupado Kardex general Ajustes Resumen de ejes

Código Cantidad 0,00 Soporte +! Agregar

Código	Referencia	Descripción	Unid	Marca	Saldo	
500G01	5"X9"	EJE NUEVO DE GONDOLA SIN RUEDAS SOBRE MEDIDA 7.125"	UND		0,00	reparar
500G02	5"X9"	EJE NUEVO DE GONDOLA SIN RUEDAS STANDARD	UND		0,00	reparar
500G03	5"X9"	EJE DE GONDOLA RECONSTRUIDO SIN RUEDAS	UND		0,00	reparar
500G04	5"X9"	EJE DE GONDOLA USADO SIN RUEDAS	UND		15,00	reparar
500G05	WS	WHEEL SET USADO CON RODAMIENTOS	SET		0,00	reparar
500G06	WS	WHEEL SET USADO CON UN RODAMIENTO	SET		0,00	reparar
500G07	WS	WHEEL SET USADO SIN RODAMIENTOS	SET		0,00	reparar
500G08	28"	RUEDA DE GONDOLA USADA	UND		30,00	reparar
500G09	28"	RUEDA NUEVA DE GONDOLA	UND		0,00	reparar
500G10	28"	RUEDA NUEVA PARA GONDOLA SOBRE MEDIDA	UND		0,00	reparar
500G11	WS	WHEEL SET PARA ARMAR	SET		0,00	reparar
500G12	WS	WHEEL SET ARMADOS	SET		0,00	reparar
500G23	5 1/2X10	EJE DE GONDOLA NUEVO 5 1/2X10	UND		0,00	reparar
500G24	5X9"	EJE DE GONDOLA CON TALLADURA PARA REPARACION	UND		0,00	reparar
500G25	5X9"	EJE DE GONDOLA CHATARRA	UND		0,00	reparar
500L01	U18	EJE NUEVO SIN RUEDAS PARA LOCOMOTORA U18-C Y C21	UND		0,00	reparar
500L02	U20	EJE NUEVO SIN RUEDAS PARA LOCOMOTORA U20-C	UND		0,00	reparar
500L03	U18	EJE USADO SIN RUEDAS DE LOCOMOTORA U18-C Y C21	UND		0,00	reparar
500L04	U20	EJE USADO SIN RUEDAS DE LOCOMOTORA U20-C	UND		0,00	reparar
500L05	U18	WHEEL SET USADO DE LOCOMOTORA U18C Y C21 CON RODAMIENTOS	SET		0,00	reparar
500L06	U18	WHEEL SET USADO DE LOCOMOTORA U18C Y C21 SIN RODAMIENTOS	SET		0,00	reparar
500L07	U18	WHEEL SET USADO DE LOCOMOTORA U18C Y C21 CON UN RODAMIENTO	SET		0,00	reparar
500L08	U20	WHEEL SET USADO DE LOCOMOTORA U20C CON RODAMIENTOS	SET		0,00	reparar

Registro: 1 de 136 Sin filtro Buscar

Fuente. Autores.

Figura 76. Kardex agrupado.

Generar gráficas

Alertas Kardex agrupado Kardex general Ajustes Resumen de ejes

Código Cantidad 0,00 Soporte +! Agregar

Código	Referencia	Descripción	Unid	Marca	Saldo	
500R01	RODAM LOCO	RODAMIENTOS NUEVOS PARA LOCOMOTORA	UND	TIMKEN	0,00	reparar
500R02	RODAM LOCO	RODAMIENTOS REPARADOS PARA LOCOMOTORA	UND	TIMKEN	0,00	reparar
500R03	RODAM LOCO	RODAMIENTOS DE LOCOMOTORA PARA ENVIAR A REPARACION	UND	TIMKEN	0,00	reparar
500R04	C5X9	RODAMIENTOS PARA GONDOLA NUEVOS 5X9	UND	TIMKEN	0,00	reparar
500R05	C5X9	RODAMIENTOS PARA GONDOLA REPARADOS 5X9	UND	TIMKEN	0,00	reparar
500R06	C5X9	RODAMIENTOS DE GONDOLA PARA ENVIAR A REPARACION C5X9	UND	TIMKEN	0,00	reparar
500R07	C5 1/2X10	RODAMIENTOS DE GONDOLA NUEVOS C5 1/2X10	UND	FAG	0,00	reparar
500R08	C5 1/2X10	RODAMIENTOS PARA GONDOLA REPARADOS C5 1/2X10	UND	FAG	0,00	reparar
500R09	C5 1/2X10	RODAMIENTOS DE GONDOLA PARA ENVIAR A REPARACION C5 1/2X10	UND	FAG	30,00	reparar
500S01	SERV	DESEMPATE DE RODAMIENTOS DRUMMOND	UND		30,00	reparar
500S02	SERV	DESEMPATE DE RUEDAS DRUMMOND	UND		0,00	reparar
500S03	SERV	EMPATE DE RODAMIENTOS DRUMMOND	UND		30,00	reparar
500S04	SERV	EMPATE DE RUEDAS DRUMMOND	UND		30,00	reparar
500S05	SERV	BARRENADO DE RUEDA DRUMMOND	UND		30,00	reparar
500S06	SERV	PRUEBA DE EXCENTRICIDAD DRUMMOND	UND		15,00	reparar
500S07	SERV	MAQUINADO Y LIMPIEZA DRUMMOND	UND		15,00	reparar
500S08	SERV	PRUEBA DE ULTRASONIDO DRUMMOND	UND		0,00	reparar
500S09	SERV	MECANIZADO DE ASIENTO DE EJE USADO	UND		0,00	reparar
500S10	SERV	AMPLIACION DE DISTANCIA ENTRE CARAS	UND		0,00	reparar
505G01	6X11	EJE NUEVO DE TOLVA SIN RUEDAS SOBRE MEDIDA	UND		0,00	reparar
505G02	6X11	EJE NUEVO DE TOLVA SIN RUEDAS STANDARD	UND		0,00	reparar
505G03	6X11	EJE DE TOLVA RECONSTRUIDO SIN RUEDAS	UND		0,00	reparar
505G04	6X11	EJE DE TOLVA USADO SIN RUEDAS	UND		0,00	reparar

Registro: 1 de 136 Sin filtro Buscar

Fuente. Autores.

Se puede observar que el sistema realiza el registro de los elementos por separado en el stock, por lo tanto podemos verificar la funcionalidad de los grupos de piezas.

A continuación se realizó el registro de la información de trabajos de clasificación realizados a los sets de ruedas ingresados

Figura 77. Ventana de trabajos realizados.

Seguimiento		Resumen de ejes		Etapa de clasificación			Etapa de armado			
Ajuste er	Ajuste sal	Consecutivo	Fecha recepción	Código	Soporte	Clasificación	Fecha de clasificación	Clasificó	Número de eje	
AE	AS	535	17/04/2015	500G04	O-3-15/37	Pendiente de Ultrasonido	20-abr-15	CARLOS OROZCO	FT2058	
AE	AS	534	17/04/2015	500G04	O-3-15/37	Pendiente de Ultrasonido	20-abr-15	CARLOS OROZCO	F78023	
AE	AS	533	17/04/2015	500G04	O-3-15/37	Pendiente de Ultrasonido	20-abr-15	CARLOS OROZCO	234867F	
AE	AS	532	17/04/2015	500G04	O-3-15/37	Pendiente de Ultrasonido	20-abr-15	CARLOS OROZCO	F230594	
AE	AS	531	17/04/2015	500G04	O-3-15/37	Chatarra	20-abr-15	CARLOS OROZCO	592735T	
AE	AS	530	17/04/2015	500G04	O-3-15/37	Pendiente de Ultrasonido	20-abr-15	CARLOS OROZCO	501206F	
AE	AS	529	17/04/2015	500G04	O-3-15/37	Pendiente de Ultrasonido	20-abr-15	CARLOS OROZCO	3458365T	
AE	AS	528	17/04/2015	500G04	O-3-15/37	Pendiente de Ultrasonido	20-abr-15	CARLOS OROZCO	43732547F	
AE	AS	527	17/04/2015	500G04	O-3-15/37	Pendiente de Ultrasonido	20-abr-15	CARLOS OROZCO	F123517	
AE	AS	526	17/04/2015	500G04	O-3-15/37	Con talladura para Reparacion	20-abr-15	CARLOS OROZCO	FT134763	
AE	AS	525	17/04/2015	500G04	O-3-15/37	Pendiente de Ultrasonido	20-abr-15	CARLOS OROZCO	F870234W	
AE	AS	524	17/04/2015	500G04	O-3-15/37	Pendiente de Ultrasonido	20-abr-15	CARLOS OROZCO	5484692	
AE	AS	523	17/04/2015	500G04	O-3-15/37	Pendiente de Ultrasonido	20-abr-15	CARLOS OROZCO	234578134	
AE	AS	522	17/04/2015	500G04	O-3-15/37	Pendiente de Ultrasonido	20-abr-15	CARLOS OROZCO	4568134	
AE	AS	521	17/04/2015	500G04	O-3-15/37	Con talladura para Reparacion	20-abr-15	CARLOS OROZCO	567912F	
Total					15					

Fuente. Autores.

Figura 78. Ventana de trabajos realizados.

Seguimiento		Resumen de ejes		Etapa de clasificación			Etapa de armado			
Número de eje	Serie del eje	Código rueda	Serie rueda 1	Serie rueda 2	Código rodamiento	Serie rodamiento 1	Serie rodamiento 2	Quitó rodamiento		
FT2058		500G08	6826257	234646	500R06	434561	6489354	YAN CARLOS		
F78023		500G08	35471435	2346241	500R06	3456234	23456245	YAN CARLOS		
234867F		500G08	45682346	3457467	500R06	4567234	246245243	YAN CARLOS		
F230594		500G08	43568324	1325448	500R06	34573234	13453457	YAN CARLOS		
592735T		500G08	34572346	2346134	500R06	243513	3465468	YAN CARLOS		
501206F		500G08	345876479	13243457	500R06	23452347	24367456	YAN CARLOS		
3458365T		500G08	463468	23454568	500R06	2436356	457123	YAN CARLOS		
43732547F		500G08	1346467	123451	500R06	1325345	345624	YAN CARLOS		
F123517		500G08	2464679	34578	500R06	4365345	23463568	YAN CARLOS		
FT134763		500G08	234567	234568	500R06	4357132	234624	YAN CARLOS		
F870234W		500G08	9759234	2346467	500R06	6383561	2134523	YAN CARLOS		
5484692		500G08	5679234	1354613	500R06	243811	762437	YAN CARLOS		
234578134		500G08	579234	4573567	500R06	2346356	72457214	YAN CARLOS		
4568134		500G08	5684652	2345568	500R06	2343568	234624	YAN CARLOS		
567912F		500G08	6579602	13453451	500R06	13245635	24367245	YAN CARLOS		
			15	15		15	15			

Fuente. Autores.

Se realizó un registro de ingreso de pedido de ruedas y ejes nuevos con el fin de contar con material suficiente en stock únicamente para los trabajos a realizar dentro de este ejemplo.

Figura 79. Ventana de registro de ingreso.

DATOS DE IDENTIFICACIÓN

Número: 1 + Fecha: 20/04/2015 + Observaciones: INVENTARIO INICIAL DRUMMOND
 Creador: ANDRÉS GÓMEZ + Cliente: DRUMMOND LTD
 Cerrada: Archivada:

Id	Código	Referencia	+ Descripción	Unid	Cant
22	500R04	C5X9	RODAMIENTOS PARA GONDOLA NUEVOS 5X9	UND	60,00
23	500G09	28"	RUEDA NUEVA DE GONDOLA	UND	60,00
* (Nuevo)					0,00

Fuente. Autores.

Teniendo en cuenta el resultado de la clasificación anterior se procedió a registrar la información correspondiente al armado de los Wheel sets con los ejes clasificados.

Figura 80. Ventana de armado.

Barrenado	Fecha de montaje	Asiento de rueda	Diametro interno rueda	Código rueda empa	Serie rueda 1 salid	Presión rueda 1	Serie rueda 2 sali	Presión rueda 2
ERICK PABA	23-abr-15	7.000,0000	6.993,0000	500G09	246246	80,00	658568	80,00
ERICK PABA	23-abr-15	7.000,0000	6.993,0000	500G09	5685467	80,00	356234	80,00
ERICK PABA	23-abr-15	7.000,0000	6.993,0000	500G09	579678	80,00	1345252	80,00
ERICK PABA	23-abr-15	7.000,0000	6.993,0000	500G09	579579	80,00	2462727	80,00
		0,0000	0,0000			0,00		0,00
ERICK PABA	23-abr-15	7.000,0000	6.993,0000	500G09	57946	80,00	1235245	80,00
ERICK PABA	23-abr-15	7.000,0000	6.993,0000	500G09	2412345	80,00	23522562	80,00
ERICK PABA	23-abr-15	7.000,0000	6.993,0000	500G09	3132452	80,00	1324652	80,00
ERICK PABA	24-abr-15	7.000,0000	6.993,0000	500G09	23413	80,00	3457889	80,00
		0,0000	0,0000			0,00		0,00
ERICK PABA	24-abr-15	7.000,0000	6.993,0000	500G09	341414	80,00	54684	80,00
ERICK PABA	24-abr-15	7.000,0000	6.993,0000	500G09	1341514	80,00	845684	80,00
ERICK PABA	24-abr-15	7.000,0000	6.993,0000	500G09	1461616	80,00	23421	80,00
ERICK PABA	24-abr-15	7.000,0000	6.993,0000	500G09	135143612	80,00	465894	80,00
		0,0000				0,00		0,00

Fuente. Autores.

Figura 81. Ventana de armado.

Presión rueda 2	Código rodamiento emp	Serie rodamiento 1 salid	Presión rodamiento 1	Serie rodamiento 2 salida	Presión rodamiento 2	Fecha de envío a puerto
80,00	500R04	123413241	175,00	23462234	175,00	24-abr-15
80,00	500R04	12341325	175,00	44568	175,00	24-abr-15
80,00	500R04	132512351	175,00	45684568	175,00	24-abr-15
80,00	500R04	1132516	175,00	456846	175,00	24-abr-15
0,00			0,00		0,00	
80,00	500R04	134613461	175,00	45684	175,00	24-abr-15
80,00	500R04	14616146	175,00	356846	175,00	24-abr-15
80,00	500R04	1436161	175,00	4568468	175,00	24-abr-15
80,00	500R04	245723487	175,00	5368356	175,00	24-abr-15
0,00			0,00		0,00	
80,00	500R04	34584569	175,00	24573568	175,00	24-abr-15
80,00	500R04	34573567	175,00	3568356	175,00	24-abr-15
80,00	500R04	46245	175,00	234627	175,00	24-abr-15
80,00	500R04	2347627	175,00	2346247	175,00	24-abr-15
0,00			0,00		0,00	

Fuente. Autores.

Se puede observar que únicamente se le realizaron trabajos de armado a los ejes que fueron clasificados como aptos.

Nuevamente se realizó una verificación del inventario ya que por medio de los trabajos se llevan a cabo modificaciones en el estado de los elementos lo cual representa una variación del inventario.

Figura 82. Kardex agrupado.

Código	Referencia	Descripción	Unid	Marca	Saldo	
500G01	5"X9"	EJE NUEVO DE GONDOLA SIN RUEDAS SOBRE MEDIDA 7.125"	UND		0,00	reparar
500G02	5"X9"	EJE NUEVO DE GONDOLA SIN RUEDAS STANDARD	UND		0,00	reparar
500G03	5"X9"	EJE DE GONDOLA RECONSTRUIDO SIN RUEDAS	UND		0,00	reparar
500G04	5"X9"	EJE DE GONDOLA USADO SIN RUEDAS	UND		3,00	reparar
500G05	WS	WHEEL SET USADO CON RODAMIENTOS	SET		0,00	reparar
500G06	WS	WHEEL SET USADO CON UN RODAMIENTO	SET		0,00	reparar
500G07	WS	WHEEL SET USADO SIN RODAMIENTOS	SET		0,00	reparar
500G08	28"	RUEDA DE GONDOLA USADA	UND		0,00	reparar
500G09	28"	RUEDA NUEVA DE GONDOLA	UND		36,00	reparar
500G10	28"	RUEDA NUEVA PARA GONDOLA SOBRE MEDIDA	UND		0,00	reparar
500G11	WS	WHEEL SET PARA ARMAR	SET		0,00	reparar
500G12	WS	WHEEL SET ARMADOS	SET		12,00	reparar
500G23	5 1/2X10	EJE DE GONDOLA NUEVO 5 1/2X10	UND		0,00	reparar
500G24	5X9"	EJE DE GONDOLA CON TALLADURA PARA REPARACION	UND		0,00	reparar
500G25	5X9"	EJE DE GONDOLA CHATARRA	UND		0,00	reparar
500L01	U18	EJE NUEVO SIN RUEDAS PARA LOCOMOTORA U18-C Y C21	UND		0,00	reparar
500L02	U20	EJE NUEVO SIN RUEDAS PARA LOCOMOTORA U20-C	UND		0,00	reparar
500L03	U18	EJE USADO SIN RUEDAS DE LOCOMOTORA U18-C Y C21	UND		0,00	reparar
500L04	U20	EJE USADO SIN RUEDAS DE LOCOMOTORA U20-C	UND		0,00	reparar
500L05	U18	WHEEL SET USADO DE LOCOMOTORA U18C y C21 CON RODAMIENTOS	SET		0,00	reparar
500L06	U18	WHEEL SET USADO DE LOCOMOTORA U18C y C21 SIN RODAMIENTOS	SET		0,00	reparar
500L07	U18	WHEEL SET USADO DE LOCOMOTORA U18C y C21 CON UN RODAMIENTO	SET		0,00	reparar
500L08	U20	WHEEL SET USADO DE LOCOMOTORA U20C CON RODAMIENTOS	SET		0,00	reparar

Fuente. Autores.

Figura 83. Kardex agrupado.

Generar gráficas

Alertas Kardex agrupado Kardex general Ajustes Resumen de ejes

Código Cantidad 0,00 Soporte +! Agregar

Código	Referencia	Descripción	Unid	Marca	Saldo	
500R01	RODAM LOCO	RODAMIENTOS NUEVOS PARA LOCOMOTORA	UND	TIMKEN	0,00	reparar
500R02	RODAM LOCO	RODAMIENTOS REPARADOS PARA LOCOMOTORA	UND	TIMKEN	0,00	reparar
500R03	RODAM LOCO	RODAMIENTOS DE LOCOMOTORA PARA ENVIAR A REPARACION	UND	TIMKEN	0,00	reparar
500R04	C5X9	RODAMIENTOS PARA GONDOLA NUEVOS 5X9	UND	TIMKEN	6,00	reparar
500R05	C5X9	RODAMIENTOS PARA GONDOLA REPARADOS 5X9	UND	TIMKEN	0,00	reparar
500R06	C5X9	RODAMIENTOS DE GONDOLA PARA ENVIAR A REPARACION C5X9	UND	TIMKEN	0,00	reparar
500R07	C5 1/2X10	RODAMIENTOS DE GONDOLA NUEVOS C5 1/2X10	UND	FAG	0,00	reparar
500R08	C5 1/2X10	RODAMIENTOS PARA GONDOLA REPARADOS C5 1/2X10	UND	FAG	0,00	reparar
500R09	C5 1/2X10	RODAMIENTOS DE GONDOLA PARA ENVIAR A REPARACION C5 1/2X10	UND	FAG	30,00	reparar
500S01	SERV	DESEMPATE DE RODAMIENTOS DRUMMOND	UND		30,00	reparar
500S02	SERV	DESEMPATE DE RUEDAS DRUMMOND	UND		0,00	reparar
500S03	SERV	EMPATE DE RODAMIENTOS DRUMMOND	UND		6,00	reparar
500S04	SERV	EMPATE DE RUEDAS DRUMMOND	UND		6,00	reparar
500S05	SERV	BARRENADO DE RUEDA DRUMMOND	UND		6,00	reparar
500S06	SERV	PRUEBA DE EXCENTRICIDAD DRUMMOND	UND		0,00	reparar
500S07	SERV	MAQUINADO Y LIMPIEZA DRUMMOND	UND		0,00	reparar
500S08	SERV	PRUEBA DE ULTRASONIDO DRUMMOND	UND		0,00	reparar
500S09	SERV	MECANIZADO DE ASIENTO DE EJE USADO	UND		0,00	reparar
500S10	SERV	AMPLIACION DE DISTANCIA ENTRE CARAS	UND		0,00	reparar
505G01	6X11	EJE NUEVO DE TOLVA SIN RUEDAS SOBRE MEDIDA	UND		0,00	reparar
505G02	6X11	EJE NUEVO DE TOLVA SIN RUEDAS STANDARD	UND		0,00	reparar
505G03	6X11	EJE DE TOLVA RECONSTRUIDO SIN RUEDAS	UND		0,00	reparar
505G04	6X11	EJE DE TOLVA USADO SIN RUEDAS	UND		0,00	reparar

Registro: 1 de 136 Sin filtro Buscar

Fuente. Autores.

Las siguientes figuras corresponden a la ventana de kardex general, en el cual se pudo observar el detalle de cada movimiento que presentaron las cantidades de los elementos involucrados en la simulación.

Figura 84. Kardex general.

Generar gráficas

Alertas Kardex agrupado Kardex general Ajustes Resumen de ejes

Referencia	Fecha	Soporte	Código	Descripción	Cantidad	Saldo a fecha
5*X9*	20/04/2015	AS-522	500G04	EJE DE GONDOLA USADO SIN RUEDAS	-1,00	3,00
5*X9*	20/04/2015	AS-523	500G04	EJE DE GONDOLA USADO SIN RUEDAS	-1,00	4,00
5*X9*	20/04/2015	AS-524	500G04	EJE DE GONDOLA USADO SIN RUEDAS	-1,00	5,00
5*X9*	20/04/2015	AS-525	500G04	EJE DE GONDOLA USADO SIN RUEDAS	-1,00	6,00
5*X9*	20/04/2015	AS-527	500G04	EJE DE GONDOLA USADO SIN RUEDAS	-1,00	7,00
5*X9*	20/04/2015	AS-528	500G04	EJE DE GONDOLA USADO SIN RUEDAS	-1,00	8,00
5*X9*	20/04/2015	AS-529	500G04	EJE DE GONDOLA USADO SIN RUEDAS	-1,00	9,00
5*X9*	20/04/2015	AS-530	500G04	EJE DE GONDOLA USADO SIN RUEDAS	-1,00	10,00
5*X9*	20/04/2015	AS-532	500G04	EJE DE GONDOLA USADO SIN RUEDAS	-1,00	11,00
5*X9*	20/04/2015	AS-533	500G04	EJE DE GONDOLA USADO SIN RUEDAS	-1,00	12,00
5*X9*	20/04/2015	AS-534	500G04	EJE DE GONDOLA USADO SIN RUEDAS	-1,00	13,00
5*X9*	20/04/2015	AS-535	500G04	EJE DE GONDOLA USADO SIN RUEDAS	-1,00	14,00
5*X9*	17/04/2015	O-3-15/37	500G04	EJE DE GONDOLA USADO SIN RUEDAS	15,00	15,00
28*	20/04/2015	AS-522	500G09	RUEDA NUEVA DE GONDOLA	-2,00	36,00
28*	20/04/2015	AS-523	500G09	RUEDA NUEVA DE GONDOLA	-2,00	38,00
28*	20/04/2015	AS-524	500G09	RUEDA NUEVA DE GONDOLA	-2,00	40,00
28*	20/04/2015	AS-525	500G09	RUEDA NUEVA DE GONDOLA	-2,00	42,00
28*	20/04/2015	AS-527	500G09	RUEDA NUEVA DE GONDOLA	-2,00	44,00
28*	20/04/2015	AS-528	500G09	RUEDA NUEVA DE GONDOLA	-2,00	46,00
28*	20/04/2015	AS-529	500G09	RUEDA NUEVA DE GONDOLA	-2,00	48,00
28*	20/04/2015	AS-530	500G09	RUEDA NUEVA DE GONDOLA	-2,00	50,00
Total						

Registro: 1 de 125 Sin filtro Buscar

Fuente. Autores.

Figura 85. Kardex general.

Generar gráficas

Alertas Kardex agrupado **Kardex general** Ajustes Resumen de ejes

Referencia	Fecha	Soporte	Código	Descripción	Cantidad	Saldo a fecha
WS	20/04/2015	AS-522	500G12	WHEEL SET ARMADOS	1,00	12,00
WS	20/04/2015	AS-523	500G12	WHEEL SET ARMADOS	1,00	11,00
WS	20/04/2015	AS-524	500G12	WHEEL SET ARMADOS	1,00	10,00
WS	20/04/2015	AS-525	500G12	WHEEL SET ARMADOS	1,00	9,00
WS	20/04/2015	AS-527	500G12	WHEEL SET ARMADOS	1,00	8,00
WS	20/04/2015	AS-528	500G12	WHEEL SET ARMADOS	1,00	7,00
WS	20/04/2015	AS-529	500G12	WHEEL SET ARMADOS	1,00	6,00
WS	20/04/2015	AS-530	500G12	WHEEL SET ARMADOS	1,00	5,00
WS	20/04/2015	AS-532	500G12	WHEEL SET ARMADOS	1,00	4,00
WS	20/04/2015	AS-533	500G12	WHEEL SET ARMADOS	1,00	3,00
WS	20/04/2015	AS-534	500G12	WHEEL SET ARMADOS	1,00	2,00
WS	20/04/2015	AS-535	500G12	WHEEL SET ARMADOS	1,00	1,00
C5X9	20/04/2015	AS-522	500R04	RODAMIENTOS PARA GONDOLA NUEVOS 5X9	-2,00	36,00
C5X9	20/04/2015	AS-523	500R04	RODAMIENTOS PARA GONDOLA NUEVOS 5X9	-2,00	38,00
C5X9	20/04/2015	AS-524	500R04	RODAMIENTOS PARA GONDOLA NUEVOS 5X9	-2,00	40,00
C5X9	20/04/2015	AS-525	500R04	RODAMIENTOS PARA GONDOLA NUEVOS 5X9	-2,00	42,00
C5X9	20/04/2015	AS-527	500R04	RODAMIENTOS PARA GONDOLA NUEVOS 5X9	-2,00	44,00
C5X9	20/04/2015	AS-528	500R04	RODAMIENTOS PARA GONDOLA NUEVOS 5X9	-2,00	46,00
C5X9	20/04/2015	AS-529	500R04	RODAMIENTOS PARA GONDOLA NUEVOS 5X9	-2,00	48,00
C5X9	20/04/2015	AS-530	500R04	RODAMIENTOS PARA GONDOLA NUEVOS 5X9	-2,00	50,00
C5X9	20/04/2015	AS-532	500R04	RODAMIENTOS PARA GONDOLA NUEVOS 5X9	-2,00	52,00
Total						165,00

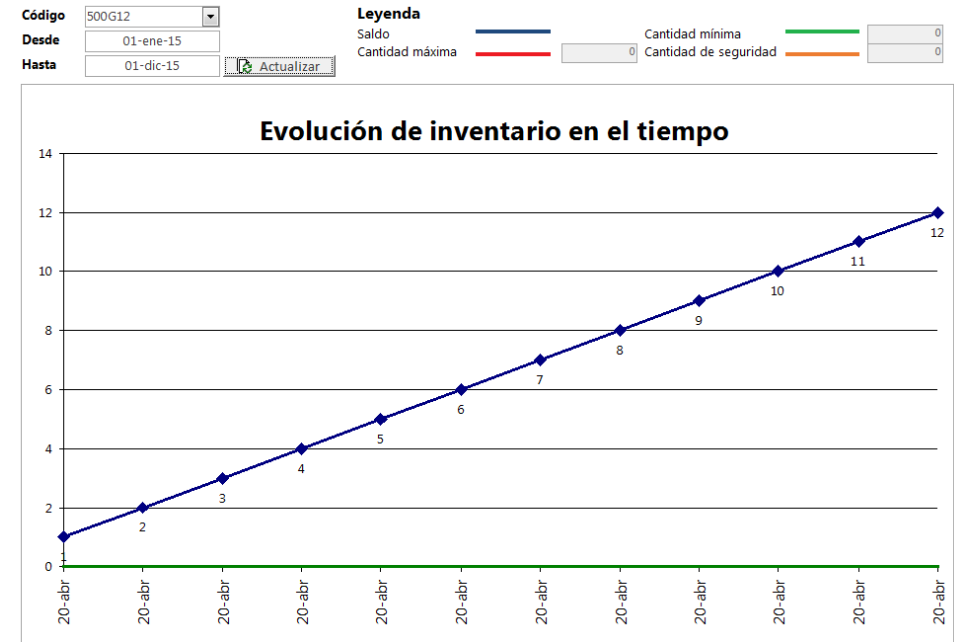
Registro: 1 de 125 Sin filtro Buscar

Fuente. Autores

Al observar el inventario se puede notar que hubo una variación con respecto al inventario anterior, debido a los trabajos que se llevaron a cabo, esto se debe a las opciones ajustes de entrada y ajustes de salida implementadas en el módulo de trabajos o seguimiento de ejes.

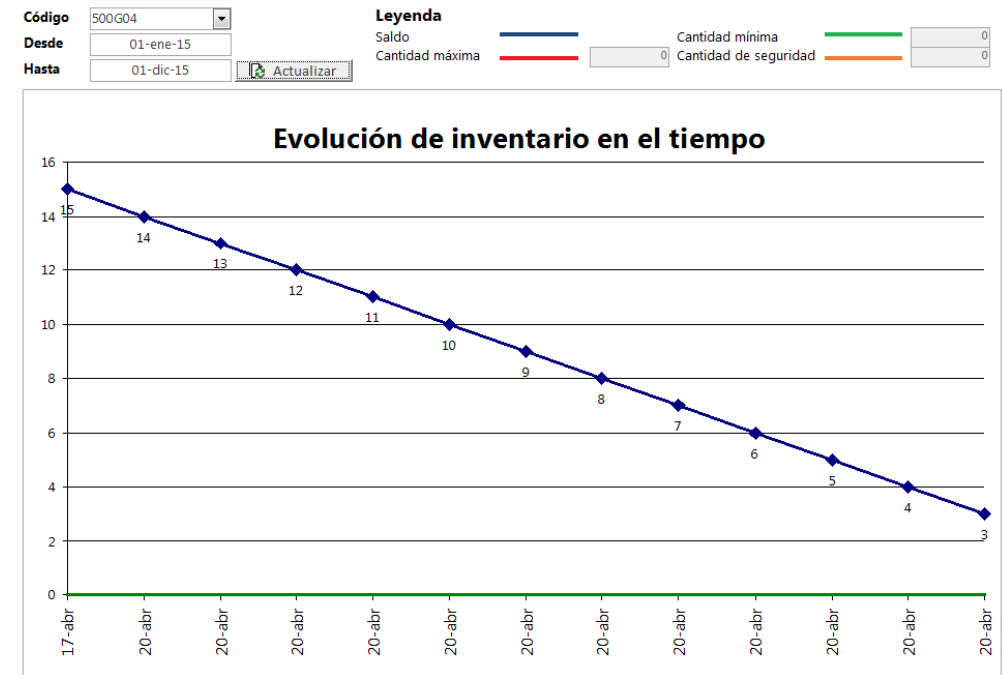
Se generaron las gráficas para algunos elementos y servicios con el fin de ilustrar la variación de sus cantidades debido a los trabajos realizados.

Figura 86. Wheel sets armados.



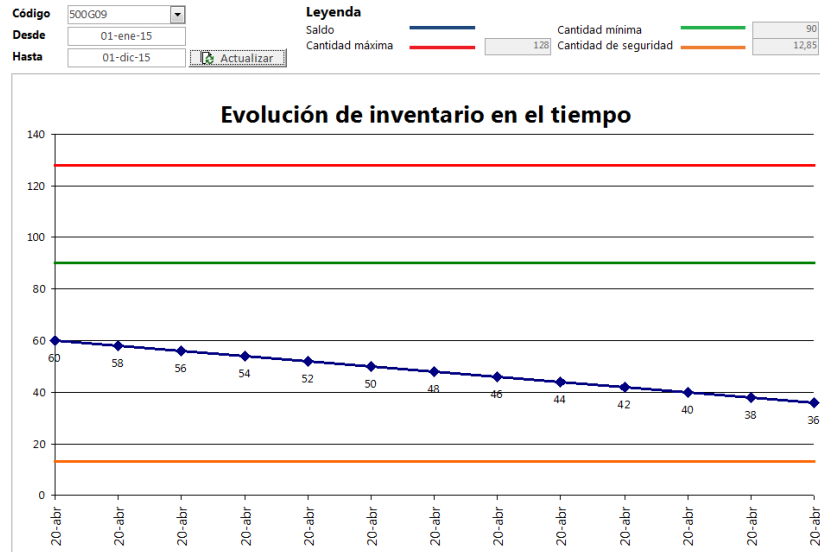
Fuente. Autores

Figura 87. Ejes de góndola usados



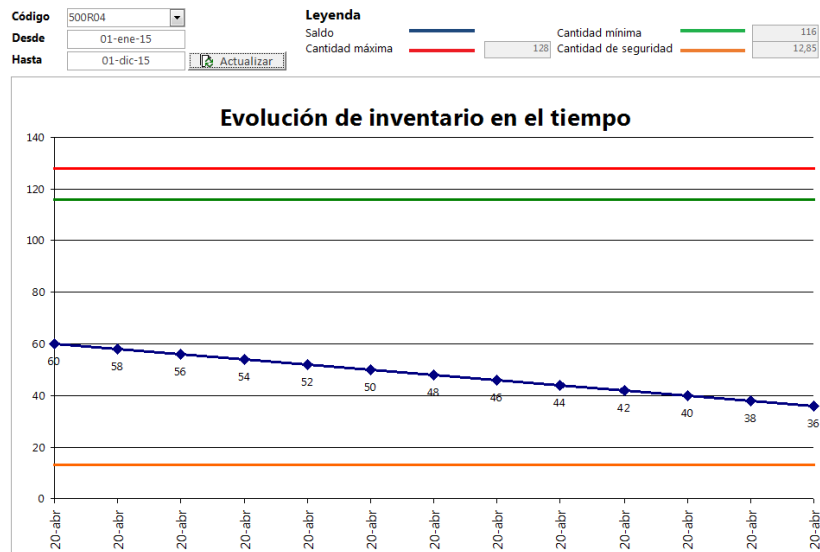
Fuente. Autores

Figura 88. Ruedas nuevas



Fuente. Autores

Figura 89. Rodamientos nuevos.

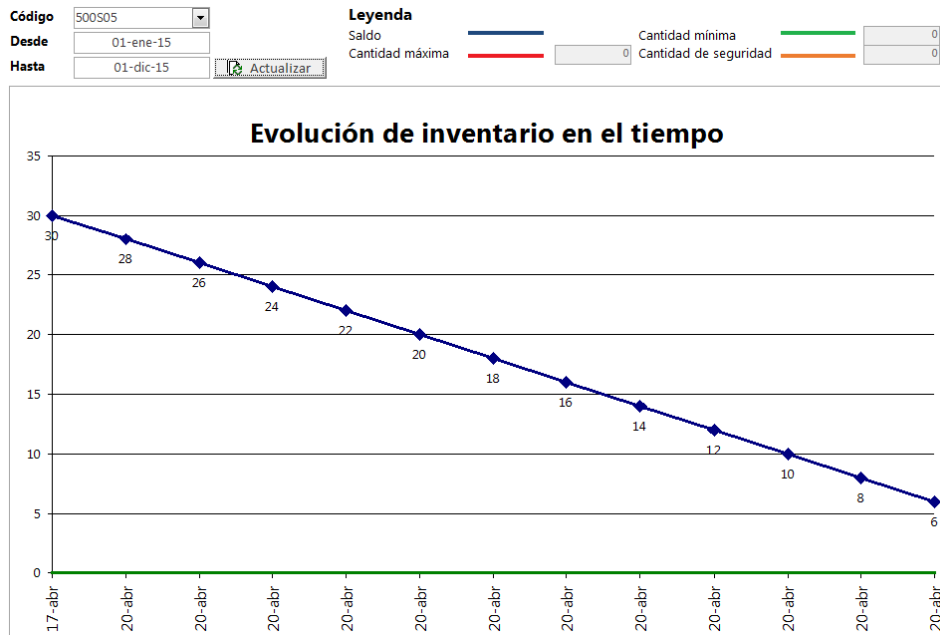


Fuente. Autores

Nota: las cantidades en stock mostradas en la gráfica corresponden únicamente a cantidades manejadas durante este ejemplo. Las cantidades máximas, mínimas y de seguridad trazadas en la gráfica corresponden a las calculadas en base a

demanda, tiempo de entrega y cantidad máxima de almacenamiento; las cuales son mucho mayores a las de este ejemplo.

Figura 90. Barrenado de ruedas.



Fuente. Autores

A continuación se presentan ejemplos de cada uno de los tipos de reportes, clasificación, empates y existencias.

Figura 91. Reporte de clasificación.



TALLER DE RUEDAS Y EJES

REPORTE DE CLASIFICACIÓN

RELACIÓN DE EJES DESEMPATADOS (CLASIFICACIÓN)

Cliente 500 - DRUMMOND

Rango de fechas de clasificación

Desde 01-abr-15

Hasta 24-abr-15

F-Rec	F-Clas	Código	CóC	Clasificó	Número de eje	Serie del eje	Serie rueda 1	Serie rueda 2	Serie rod 1	Serie rod 2	Quitó rod
17/04	20/04	500G04	4	CO	FT2058		6826257	234646	434561	6489354	YC
17/04	20/04	500G04	4	CO	F78023		35471435	2346241	3456234	23456245	YC
17/04	20/04	500G04	4	CO	234867F		45682346	3457467	4567234	246245243	YC
17/04	20/04	500G04	4	CO	F230594		43568324	1325448	34573234	13453457	YC
17/04	20/04	500G04	6	CO	592735T		34572346	2346134	243513	3465468	YC
17/04	20/04	500G04	4	CO	501206F		345876479	13243457	23452347	24367456	YC
17/04	20/04	500G04	4	CO	3458365T		463468	23454568	2436356	457123	YC
17/04	20/04	500G04	4	CO	43732547F		1346467	123451	1325345	345624	YC
17/04	20/04	500G04	4	CO	F123517		2464679	34578	4365345	23463568	YC
17/04	20/04	500G04	5	CO	FT134763		234567	234568	4357132	234624	YC
17/04	20/04	500G04	4	CO	F870234W		9759234	2346467	6383561	2134523	YC
17/04	20/04	500G04	4	CO	5484692		5679234	1354613	243811	762437	YC
17/04	20/04	500G04	4	CO	234578134		579234	4573567	2346356	72457214	YC
17/04	20/04	500G04	4	CO	4568134		5684652	2345568	2343568	234624	YC
17/04	20/04	500G04	5	CO	567912F		6579602	13453451	13245635	24367245	YC

Códigos de clasificación

CóC	Clasificación	Cuenta
4	Pendiente de Ultrasonido	12
5	Con talladura para Reparación	2
6	Chatarra	1

Fuente. Autores

Figura 92. Reporte de empates de ejes.



**REPORTE DE EMPATE DE
EJES**
PROTOCOLO DE WHEEL SETS ARMADOS

Cliente 500 - DRUMMOND
Rango de fechas de montaje
Desde 01-abr-15
Hasta 24-abr-15

F-Mon	Número de eje	Serie del eje	Serie rueda 1	Serie rueda 2	Presión rda 1	Presión rda 2	Serie rod 1	Serie rod 2	Barrenado	F-Env
23/04	FT2058		246246	658568	80,00	80,00	123413241	23462234	EP	24/04
23/04	F78023		5685467	356234	80,00	80,00	12341325	44568	EP	24/04
23/04	234867F		579678	1345252	80,00	80,00	132512351	45684568	EP	24/04
23/04	501206F		57946	1235245	80,00	80,00	134613461	45684	EP	24/04
23/04	345836ST		2412345	23522562	80,00	80,00	14616146	356846	EP	24/04
23/04	43732547F		3132452	1324652	80,00	80,00	1436161	4568468	EP	24/04
24/04	F123517		23413	3457889	80,00	80,00	245723487	5368356	EP	24/04
24/04	F870234W		341414	54684	80,00	80,00	34584569	24573568	EP	24/04
24/04	5484692		1341514	845684	80,00	80,00	34573567	3568356	EP	24/04
24/04	234578134		1461616	23421	80,00	80,00	46245	234627	EP	24/04
24/04	4568134		135143612	465894	80,00	80,00	2347627	2346247	EP	24/04

Fuente. Autores

Figura 93. Reporte de existencias.



**REPORTE DE
EXISTENCIAS**

Cliete 500 - DRUMMOND

Fecha 22-abr-15

Código	Referencia	Descripción	Saldo
500G04	5"X9"	EJE DE GONDOLA USADO SIN RUEDAS	3,00
500G09	28"	RUEDA NUEVA DE GONDOLA	60,00
500G12	WS	WHEEL SET ARMADOS	12,00
500R04	C5X9	RODAMIENTOS PARA GONDOLA NUEVOS 5X9	60,00
500R09	C5 1/2X10	RODAMIENTOS DE GONDOLA PARA ENVIAR A REPARACION C5 1/2X10	30,00
500S01	SERV	DESEMPATE DE RODAMIENTOS DRUMMOND	30,00
500S02	SERV	DESEMPATE DE RUEDAS DRUMMOND	0,00
500S03	SERV	EMPATE DE RODAMIENTOS DRUMMOND	6,00
500S04	SERV	EMPATE DE RUEDAS DRUMMOND	6,00
500S05	SERV	BARRENADO DE RUEDA DRUMMOND	6,00
500S06	SERV	PRUEBA DE EXCENTRICIDAD DRUMMOND	0,00
500S07	SERV	MAQUINADO Y LIMPIEZA DRUMMOND	0,00

Reporte de existencias. Impreso en GIN por AG el 22/04/2015 03:01:01 p.m.

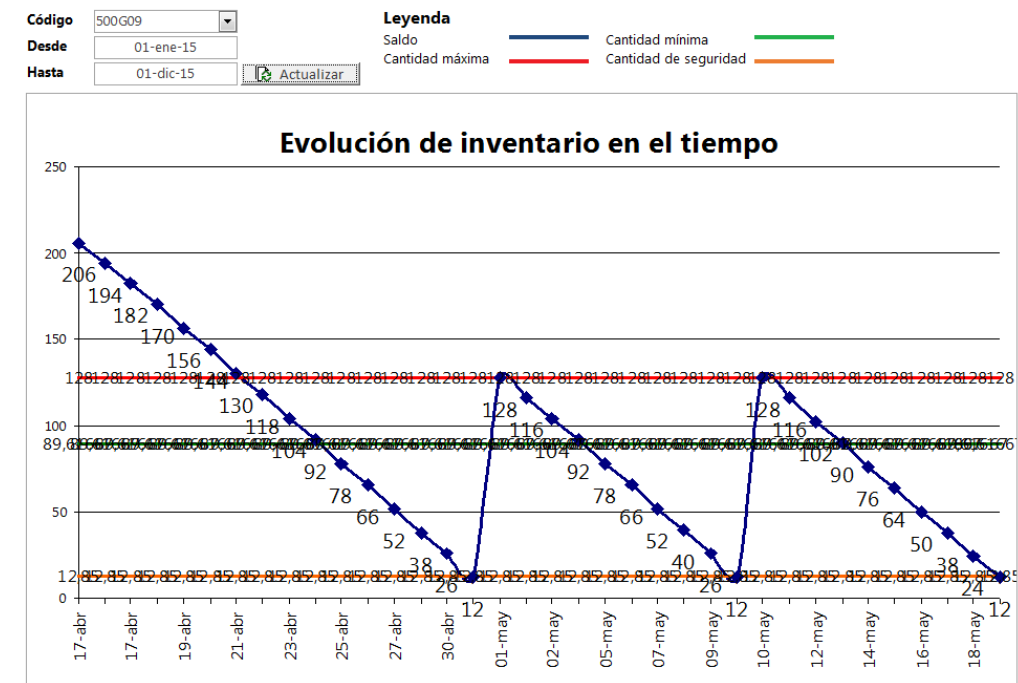
Página 1 de 1

Fuente. Autores

Adicionalmente se realizó de manera paralela una simulación más extensa únicamente con las cantidades en stock para las condiciones de demanda, cantidades y tiempos, establecidas en el plan de mejoramiento propuesto, con el fin de conocer el comportamiento del software e ilustrar su funcionalidad para dichas condiciones.

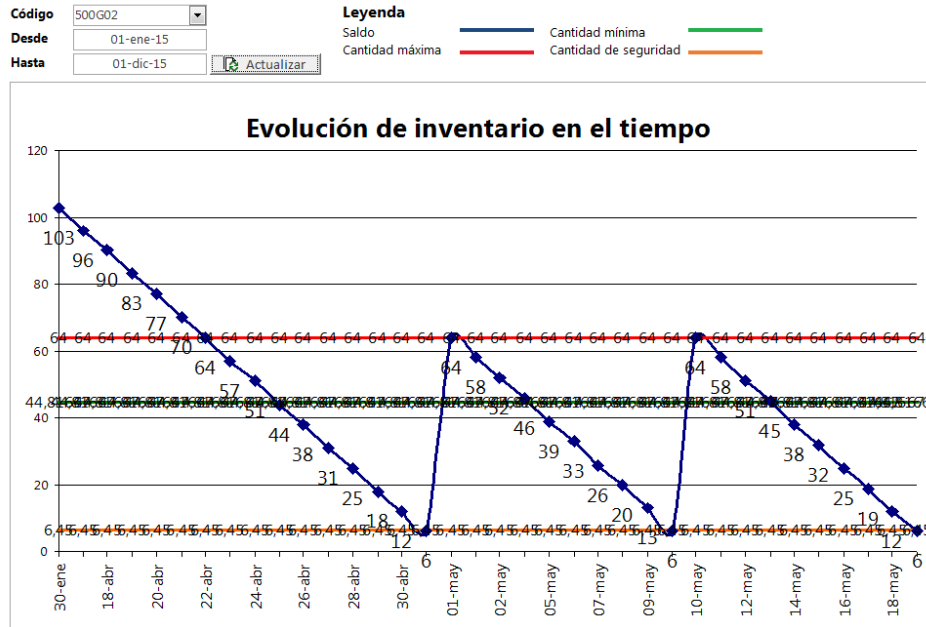
Al observar las gráficas se debe tener en cuenta las condiciones de la demanda, la cual corresponde a una demanda fija y constante. Debido a esto la evolución del inventario para los elementos ilustrados presentan un comportamiento lineal cercano al teórico para un modelo de inventario de revisión periódica con tiempos de revisión y tiempos de entrega fijos, en los cuales idealmente se espera que al cumplirse, lleguen los pedidos realizados.

Figura 94. Evolución de inventario de ruedas nuevas Drummond.



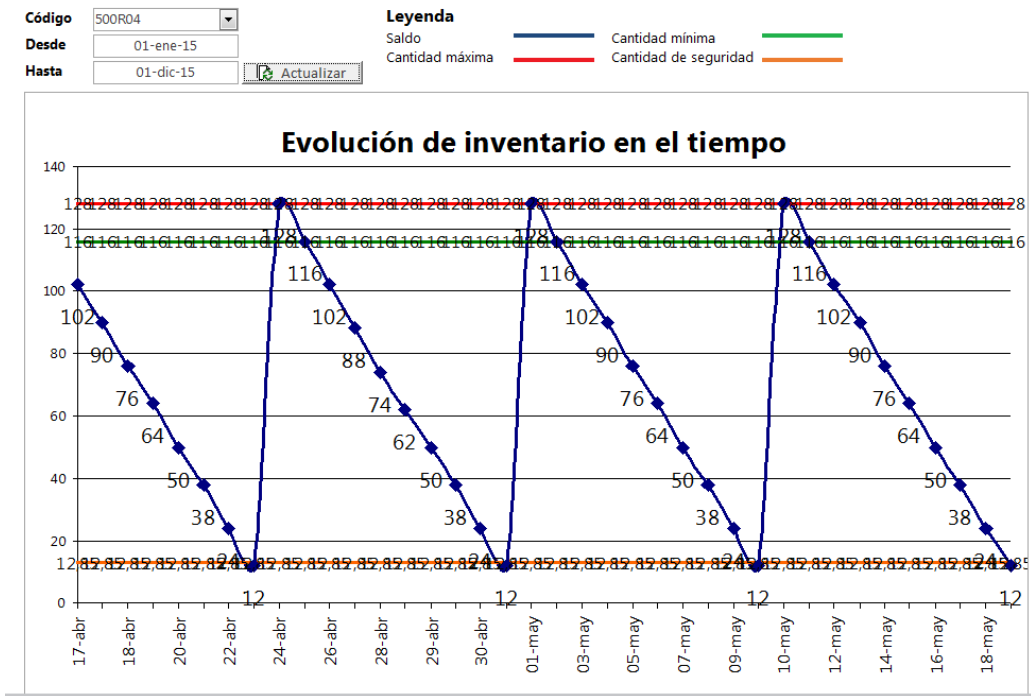
Fuente. Autores

Figura 95. Evolución de inventario de ejes nuevos Drummond.



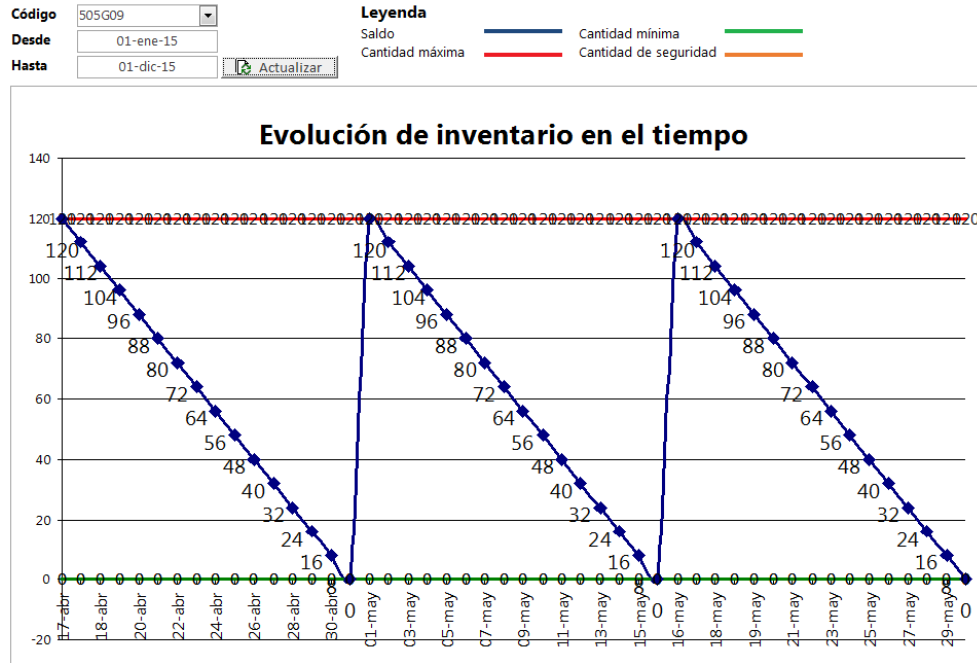
Fuente. Autores

Figura 96. Evolución de inventario de rodamientos nuevos Drummond.



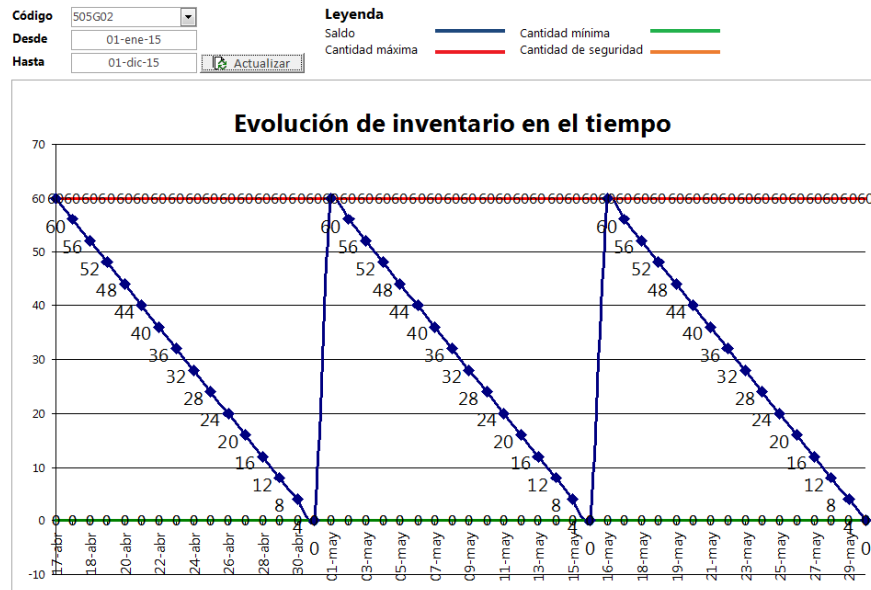
Fuente. Autores

Figura 97. Evolución de inventario de ruedas nuevas Prodeco.



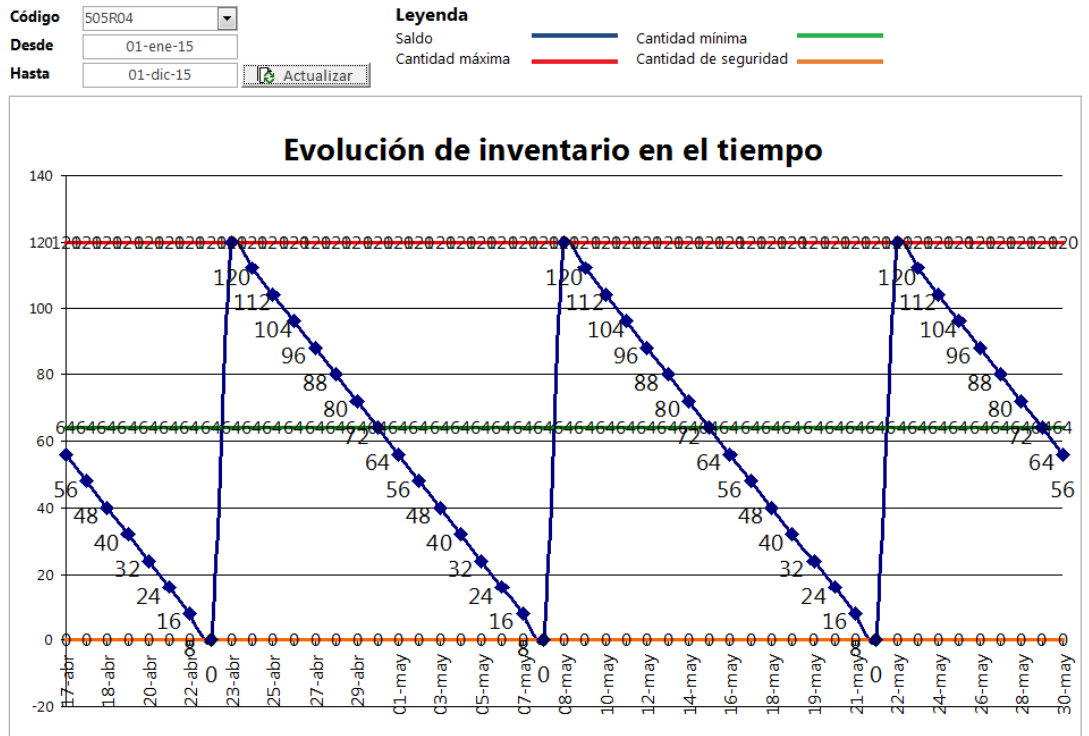
Fuente. Autores

Figura 98. Evolución de inventario de ejes nuevos Prodeco.



Fuente. Autores

Figura 99. Evolución de inventario de rodamientos nuevos Prodeco.



Fuente. Autores

12. CONCLUSIONES

- Se realizó un diagnóstico de la producción, en base a los despachos realizados en el año 2014, donde se determinó que existe un porcentaje de demanda insatisfecha del 38% para Drummond y 31% para Prodeco. Dicha demanda insatisfecha es ocasionada por la deficiencia en la gestión y manejo de inventarios por parte del taller de ruedas y ejes de Fenoco S.A, lo cual se ve reflejado como costos de falta de inventario. Así mismo se identificó el set de ruedas de vagón como el producto más representativo del taller con un 98% en la producción. Por otra parte se obtuvo un porcentaje de producción a los clientes de 57% y 43% para Drummond y Prodeco respectivamente.
- Se llevó a cabo un análisis ABC con el fin de identificar cuáles son los componentes principales dentro de la actividad de producción del taller de ruedas y ejes. Como resultado se pudo determinar que las ruedas, ejes y rodamientos son los elementos de mayor importancia para la elaboración de los sets de ruedas para los respectivos clientes. Tomando como referencia este resultado, se elaboró el diseño del sistema de información y el plan de mejoramiento propuesto.
- Para las actividades que se llevan a cabo en el taller de ruedas y ejes de Fenoco S.A se logró diseñar e integrar dentro de un sistema de información los elementos necesarios para realizar una apropiada administración y control de inventario con el fin de optimizar el proceso de producción.

- Se desarrolló un sistema de información en Visual Basic for application a través de Microsoft Office Access 2013 con base de datos en lenguaje SQL, almacenadas en el motor de base de datos de Access, completamente compatible con cualquier formato SQL. Lo cual permite mantener de manera organizada su inventario de elementos e insumos así como también una base de datos con la información de los trabajos realizados permitiendo así una mejora en el tiempo de respuesta a las necesidades de demanda que se tengan y la calidad del servicio prestado a los clientes.
- El sistema de información desarrollado está basado en la técnica de inventarios Min-Max, la cual se consideró como la más apropiada teniendo en cuenta las características de las actividades del taller de ruedas y ejes de Fenoco S.A.
- El desarrollo de este sistema de información permite al usuario un fácil acceso a la información, lo cual mejora en gran medida el tiempo para realizar la gestión y control de inventario así como también la toma de decisiones sobre el mismo.
- Se desarrolló un plan de mejoramiento basado en el modelo de inventarios de revisión periódica, con cantidad de pedido fija y demanda determinística. Teniendo en cuenta como criterios de análisis las capacidades de almacenamiento, tiempos de entrega y características de demanda, a diferencia del criterio tradicional de costos.
- El sistema de información desarrollado es apto para el modelo de inventario propuesto y constituye una herramienta fundamental que complementa dicho modelo. Lo cual representa una mejora la cual permitirá aumentar la calidad de los servicios prestados a los clientes y satisfacer las necesidades de los mismos.

- Se plantearon los elementos necesarios para la elaboración de un manual de usuario del sistema de información diseñado para el taller de ruedas y ejes de Fenoco S.A., describiendo cada una de sus características, módulos y funciones, con el fin de orientar al personal encargado del manejo de la información, para un uso adecuado y eficiente.
- Se cumplieron satisfactoriamente todos los objetivos propuestos al inicio de este documento.

13. RECOMENDACIONES

- A partir de la información registrada en la base de datos pueden conocerse de manera precisa tiempos de permanencia de los ejes en taller, debido a que se cuenta con un registro de datos detallado de los trabajos de clasificación y armado. Esta información puede ser utilizada como base para un análisis de los procesos de manufactura que se llevan a cabo con el fin de optimizarlos.
- Basándose en la información registrada de los trabajos de clasificación de ejes se recomienda llevar a cabo un análisis de causas de falla de dichos ejes con el fin de determinar los orígenes de dichas fallas y generar una solución.
- Para la optimización del sistema de información se recomienda crear e implementar un algoritmo de cálculo basado en la técnica de planificación de requerimientos de material o MRP, con el fin de automatizar aún más el proceso de gestión y control del inventario.
- Se recomienda realizar una medición del desempeño del sistema de información implementado y el modelo de inventario propuesto mediante los indicadores de servicio enunciados en el capítulo 6.5.7 (pedidos entregados a tiempo, pedidos entregados completos y pedidos entregados perfectos) con el fin de verificar el éxito del proyecto, el cumplimiento de los objetivos y tomar las decisiones competentes.

BIBLIOGRAFIA

1. CARDOZO CORREA, Gonzalo, DUARTE MORATO, Alba Luz, GARNICA VEGA, Lizeth. Gestión efectiva de materiales: proceso de compra, Administración de Almacenes y Control de Inventarios. 1 ed. Fondo editorial, corporación universitaria tecnológica del Bolívar, 2003. I SBN 958-33-5147-4
2. CHASES, Richard B, ROBERT JACOBS, F. Administración de operaciones: producción y cadena de suministros. Decimotercera edición. McGraw-Hill/interamericana editores. S.A. de C.V. 2014,2009. ISBN 978-607-15-1004-4.
3. DELGADO, Hernán y RAMIREZ, Mauricio. Diseño e implementación de un sistema de información para la administración de inventarios en la división de mantenimiento tecnológico de la universidad industrial de Santander. Tesis de grado Ingeniero Mecánico Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, 2014.
4. FERRÍN GUTIÉRREZ, Arturo. Gestión de stocks: En la logística de almacenes. Fundación confemetal, Príncipe de Vergara, 74-28006 Madrid. ISBN 84-96169-56-1.
5. GUERRERO SALAS, Humberto. Control de inventarios. 1 ed. Bogotá D.C: Ecoe Ediciones ,2009. 180 p. ISBN 978-958-648-583-8.
6. MAX, Muller. Fundamentos de administración de inventarios: traducción Efraín Sánchez. Bogotá: Grupo Editorial Norma, 2004. 264p. ISBN 958-04-8457-0.

7. TORRES, Mikel Mauleón. Gestión de stock: Excel como herramienta de análisis. Ediciones Días de Santos, 2008. ISBN 978-84-7978-872-8.

8. VIDAL HOLGUIN, Carlos Julio. Fundamentos de control y gestión de inventarios. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del valle, 2010. 436 p. (Colección Ciencias Sociales) ISBN 978-958-670-863-0.

ANEXOS

Anexo A. Cartas certificación del recibido del proyecto

Santa Marta, 21 de Abril de 2015



Señores:
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Ingeniería
Bucaramanga

Por medio de la presente se certifica que se recibió el proyecto de grado, consistente en el sistema de información para el taller de ruedas y ejes, de parte de los señores ANDRES EDUARDO GOMEZ IBAÑEZ y JULIAN MAURICIO MACIAS TOLE.

Se recibe a Satisfacción de parte de Fenoco por la implementación del sistema y por la práctica efectuada por el Ing. Andrés Gómez.

Por políticas de confidencialidad de la empresa no podemos suministrar información del taller a los autores del proyecto; sin embargo podemos constatar que dicho sistema ha representado una mejora importante en el manejo y control de nuestro inventario.

Cordialmente.

CARLOS A. SARMIENTO ACELAS.

Director de Talleres

csarmiento@fenoco.com.co

Santa Marta- Colombia

PBX: (INT+575) 4207580, FAX 4207580 ext 106

celular: 3157803895

Carrera 20 calle 2, Entrada al Barrio San Fernando

Talleres del Ferrocarril

Anexo B. Certificación de practica empresarial



FNC-GH-CERT- 058-2015

LA GERENCIA DE GESTION HUMANA DE FERROCARRILES DEL NORTE DE COLOMBIA S.A.- FENOCO S.A.-

Certifica, que el señor **ANDRES EDUARDO GOMEZ IBAÑEZ**, identificado con la cédula de ciudadanía No. 1.098.684.189, realizo su etapa productiva, correspondiente a la especialidad de Ingeniería Mecánica, desde el 4 de Agosto de 2014 hasta el 3 de Febrero de 2015.

En constancia se firma en Santa Marta, a los treinta (30) días del mes de Enero del año 2014, a solicitud del interesado.

Atentamente,


FANILVIA CAAMAÑO MORA
Consultora de Gestión Humana

Vigilado por la Superintendencia de Puertos y Transporte

Domicilio Social Bogotá
Calle 94 A N° 11 A - 27 P.3
Tel. (1) 622 0505
Fax. (1) 622 0440

www.fenoco.com.co

Sede Santa Marta
Talleres del Ferrocarril
Cr. 20 Calle 2 / Entrada Barrio San Fernando
Tel. (5) 420 7580 / Fax: Ext. 102