



CAMPUS HEREDIA
CENTRO INTERNACIONAL DE POSGRADOS

**MAESTRÍA EN ADMINISTRACION DE NEGOCIOS CON ÉNFASIS EN
GERENCIA INDUSTRIAL**

MEMORIA FINAL DE GRADUACIÓN

**Optimización del inventario de repuestos críticos para equipos de
producción de dispositivos médicos**

ELABORADO POR

Cristian Campos Guillén

HEREDIA, COSTA RICA

2017

UNIVERSIDAD LATINA CAMPUS HEREDIA

CENTRO DE POSTGRADOS CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL
TUTOR DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Heredia, 6 de Abril del 2017

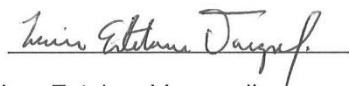
Sres. Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

SD

Estimados señores: He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: **Optimización del inventario de repuestos críticos para equipos de producción de dispositivos Médicos** durante el primer trimestre del 2017, elaborado por el estudiante: Cristian Campos Guillen como requisito para que el citado estudiante puedan optar por el grado académico MASTER PROFESIONAL EN ADMINISTRACION DE NEGOCIOS CON ENFASIS EN GERENCIA INDUSTRIAL.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su entrega ante el Comité de Trabajos finales de Graduación.

Suscribe cordialmente,



Ing. Esteban Vargas Jimenez.

UNIVERSIDAD LATINA CAMPUS HEREDIA

UNIVERSIDAD LATINA CAMPUS HEREDIA

CENTRO DE POSTGRADOS CARTA DE APROBACION POR PARTE DEL
LECTOR DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Heredia, 6 de Abril del 2017

Sres. Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

SD

Estimados señores: He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: **Optimización del inventario de repuestos críticos para equipos de producción de dispositivos Médicos** durante el primer trimestre del 2017, elaborado por el estudiante: Cristian Campos Guillen como requisito para que el citado estudiante puedan optar por el grado académico MASTER PROFESIONAL EN ADMINISTRACION DE NEGOCIOS CON ENFASIS EN GERENCIA INDUSTRIAL.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su entrega ante el Comité de Trabajos finales de Graduación.

Suscribe cordialmente,



Ing. Ronald Arias

**UNIVERSIDAD LATINA CAMPUS HEREDIA
CENTRO INTERNACIONAL DE POSGRADOS**

**CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL FILÓLOGO
DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

Heredia, 1 de abril del 2017

Señores
Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación
SD

Estimados señores:

Leí y corregí el Trabajo Final de Graduación, denominado **Optimización del inventario de repuestos críticos para equipos de producción de dispositivos médicos** durante el primer trimestre del 2017 elaborado por el estudiante: Cristian Campos Guillen para optar por el grado académico MÁSTER PROFESIONAL EN ADMINISTRACIÓN DE NEGOCIOS CON ÉNFASIS EN GERENCIA INDUSTRIAL.

Corregí el trabajo en aspectos, tales como: construcción de párrafos, vicios del lenguaje que se trasladan a lo escrito, ortografía, puntuación y otros relacionados con el campo filológico y desde ese punto de vista considero que está listo para ser presentado como Trabajo Final de Graduación; por cuanto cumple con los requisitos establecidos por la Universidad.

Suscribe cordialmente,



Mario Boza Chacón
Filólogo. Afiliado al Colegio de Licenciados
y Profesores Número 5034.
Cédula 1 0358 0444

DECLARACIÓN JURADA

El suscrito, Cristian Campos Guillen con cédula de identidad número 1- 0947-0669, declara bajo fe de juramento, conociendo las consecuencias penales que conlleva el delito de perjurio: Que soy el autor del presente trabajo final de graduación, modalidad memoria; para optar por el título de MASTER PROFESIONAL EN ADMINISTRACION DE NEGOCIOS CON ENFASIS EN GERENCIA INDUSTRIAL de la Universidad Latina, campus Heredia, y que el contenido de dicho trabajo es obra original del (la) suscrito(a).

Heredia, Siete de Abril del dos mil diecisiete

 1947669

Cristian Campos Guillen

MANIFESTACIÓN EXONERACIÓN DE RESPONSABILIDAD

El suscrito, Cristian Campos Guillen con cédula de identidad número 109470669, exonero de toda responsabilidad a la Universidad Latina, campus Heredia; así como al Tutor y Lector que han revisado el presente trabajo final de graduación, para optar por el título de MASTER PROFESIONAL EN ADMINISTRACION DE NEGOCIOS CON ENFASIS EN GERENCIA INDUSTRIAL de la Universidad Latina, campus Heredia; por las manifestaciones y/o apreciaciones personales incluidas en el mismo. Asimismo autorizo a la Universidad Latina, campus Heredia, a disponer de dicho trabajo para uso y fines de carácter académico, publicitando el mismo en el sitio web; así como en el CRAI.

Heredia, Siete de Abril del dos mil diecisiete


1947669
Cristian Campos Guillen

Índice

1. CAPÍTULO I: PROBLEMA Y PROPÓSITO	i
1.1. Estado actual de la investigación.....	2
1.2. Planteamiento del problema.	7
1.3. Justificación.....	9
1.4. Objetivos.....	12
1.4.1. Objetivo General	12
1.4.2. Objetivos específicos	13
2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	14
2.1. Marco Teórico Contextual	15
2.1.1. Diagnóstico Comunal, Regional, Nacional	15
2.1.2. Diagnóstico Institucional u Organizacional	16
2.1.3. Características de los sujetos en estudio	19
2.1.4. Evolución de la temática en el contexto nacional.....	21
2.2. Marco Teórico Conceptual.....	22
2.2.1. Inventarios.....	22
2.2.1.1. Tipos de inventario	22
2.2.2. Principio de Pareto	23
2.2.3. Analisis causa y efecto.....	23
2.2.4. Diagramas de Flujo	24
2.2.5. Clasificación ABC	25
2.2.6. Clasificación XYZ.....	27
2.2.7. Análisis de Criticidad	28
2.2.8. Políticas de reposición.....	29
2.2.8.1. Método máximos y mínimos.....	29
2.2.8.2. Método Punto de Pedido/ Cantidad de Pedido	30
2.2.9. Rotura de Stock	30
2.2.10. Demanda	31
2.2.11. Manejo de inventarios	33
2.1.11.1 Determinar la demanda promedio, generalmente por medio de históricos.....	33
2.1.11.2 Determinar la demanda probable por medio de la tasa promedio de utilización mensual	33
2.1.11.3 Se calcula la desviación absoluta por periodo que es una aproximación simple de la desviación estándar.....	34
2.1.11.4 Calcular la Desviación Absoluta promedio.....	34
2.1.11.5 Calcular el punto de Pedido	34
2.1.11.6 Establecer el stock de seguridad (Contreras, 2016).....	34
2.1.11.7 Determinar los costos de pedidos.....	35
2.1.11.8 Nivel de servicio: Se relaciona con el nivel de confianza establecido en el stock de seguridad y el punto de pedido, y determina la probabilidad de que un artículo caiga en rotura de stock.	35

2.1.11.9	Cálculo de cantidad económica a pedir. Es la cantidad de pedido para el cual el costo total es mínimo y por lo tanto es la cantidad óptima para compras futuras del artículo. Se utiliza la siguiente fórmula para su cálculo:	35
2.1.11.10	Pedidos anuales. Será el número de órdenes de compra anuales que se recomienda hacer basado en la cantidad económica por pedir	36
2.2.12.	Gráfico de punto de Pedido	36
2.2.13.	Distribución Normal	37
2.2.13.1.	La distribución normal estándar	38
3.	CAPÍTULO III: MARCO DE ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	40
3.1.	Tipo de investigación.....	41
3.1.1.	Definición	41
3.4.	Población	47
3.5.	Tratamiento de la información	47
4.	CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS	49
4.1.	Datos de Inventario	50
4.2.	Diagramas de flujo del proceso.....	50
4.3.	Análisis causa efecto	52
4.4.	Clasificación ABC y XYZ.....	56
4.5.	Análisis de criticidad.....	59
4.6.	Análisis demandas.....	59
a.	Análisis de Demanda para el repuesto “BOQUILLA 0.090 SPARK TESTER 1398940-4”	60
b.	Análisis de Demanda para el repuesto “BOQUILLA MOLDE PICK HEAD 0.080 1398940”	60
c.	Análisis de Demanda para el repuesto “UÑA PARA CHUCK 70702”	62
d.	Análisis de Demanda para el repuesto “CHUCK DELANTERO SIN HULE 70020”	63
e.	Análisis de Demanda para el repuesto “DIE 0.11 91071697”	63
f.	Análisis de Demanda para el repuesto “FLANGE CROSS EXTRUDER 20938”	64
5.	CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
5.1.	Conclusiones	67
5.2.	Recomendaciones	69
6.	CAPÍTULO VI: PROPUESTA	70
6.1.	Propuesta.....	71
6.2.	Cálculo de nuevos parámetros.....	72
a.	Chuck delantero sin hule.....	72
b.	Uña de Chuck.....	77
c.	FLANGE CROSS EXTRUDE	82
d.	BOQUILLA MOLDE PICK HEAD 0.080.....	86
e.	BOQUILLA 0.090 SPARK TESTER	91
f.	DIE 0.11	95
6.3.	Indicadores de Gestión	99
7.	Bibliografía	103
8.	Anexos	106

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 2.1.</i> 1 Diagrama causa efecto (Stachu, 2009)	24
<i>Figura 2.2.</i> 1 Diagrama Distribución teórica clasificación ABC. (Chase, Jacobs y Aquilano 2006)	26
<i>Figura 2.3.</i> 1 Gráfico estrategia mínimos y máximos (Contreras, 2016)	30
<i>Figura 2.4.</i> 1 Gráfico de cantidad de pedido (Contreras, 2016)	30
<i>Figura 2.5.</i> 1 Gráfico de Rotura de Stock (Contreras, 2016)	31
<i>Figura 2.6.</i> 1 Definición de demanda (Chase et al, 2006)	31
<i>Figura 2.7.</i> 1 Gráfico de Punto de Pedido (Autor)	37
<i>Figura 2.8.</i> 1 Gráfico de la distribución normal para valores de μ y σ (Ojeda, 2007)	38
<i>Figura 4.1.</i> 1 Diagrama de flujo inclusión de Repuestos (Autor)	51
<i>Figura 4.2.</i> 1 Diagrama de flujo abastecimiento de repuestos (Autor)	52
<i>Figura 4.3.</i> 1 Diagrama Causa-Efecto (Autor)	53
<i>Figura 4.4.</i> 1 Diagrama Pareto para clasificación de partes ABC (Autor)	57
<i>Figura 4.5.</i> 1 Demanda BOQUILLA 0.090 SPARK TESTER 1398940-4 (Autor)	60
<i>Figura 4.6.</i> 1 Demanda BOQUILLA MOLDE PICK HEAD 0.080 1398940 (Autor)	61
<i>Figura 4.7.</i> 1 Demanda UÑA PARA CHUCK 70702 (Autor)	62
<i>Figura 4.8.</i> 1 Demanda CHUCK DELANTERO SIN HULE 70020 (Autor)	63
<i>Figura 4.9.</i> 1 Demanda DIE 0.11 91071697 (Autor)	64

<i>Figura 4.10. 1</i> Demanda FLANGE CROSS EXTRUDER 20938 (Autor)	64
<i>Figura 6.1. 1</i> Gráfico de Punto de pedido para repuesto Chuck delantero sin hule (Autor)	73
<i>Figura 6.2. 1</i> Gráfico de Distribución Normal para el consumo del repuesto Chuck delantero sin hule (Autor)	75
<i>Figura 6.3. 1</i> Gráfico de comprobación estadística para el punto de pedido para el repuesto Chuck delantero sin hule (Autor)	75
<i>Figura 6.4. 1</i> Gráfico de Reposición de inventario para repuesto Chuck delantero sin hule (Autor).....	76
<i>Figura 6.5. 1</i> Gráfico de Punto de pedido para repuesto Uña de Chuck (Autor)	79
<i>Figura 6.6. 1</i> Gráfico de Distribución Normal para el consumo del repuesto Uña de Chuck (Autor).....	80
<i>Figura 6.7. 1</i> Gráfico de comprobación estadística para el punto de pedido para el repuesto Uña de Chuck (Autor)	81
<i>Figura 6.8. 1</i> Gráfico de Punto de pedido para repuesto Flange Cross Extruder (Autor)...	83
<i>Figura 6.9. 1</i> Gráfico de Distribución Normal para el consumo del repuesto Flange Cross Extruder (Autor)	85
<i>Figura 6.10. 1</i> Gráfico de comprobación estadística para el punto de pedido para el repuesto Flange Cross Extruder (Autor).....	85
<i>Figura 6.11. 1</i> Gráfico de Punto de pedido para repuesto Boquilla Molde Pick Head 0.080 (Autor).....	88
<i>Figura 6.12. 1</i> Gráfico de Distribución Normal para el consumo del repuesto Boquilla Molde Pick Head 0.080 (Autor)	89
<i>Figura 6.13. 1</i> Gráfico de comprobación estadística para el punto de pedido para el repuesto Boquilla Molde Pick Head 0.080 (Autor).....	90

Figura 6.14. 1 Gráfico de Punto de pedido para repuesto Boquilla 0.090 Spark Tester (Autor).....	92
Figura 6.15. 1 Gráfico de Distribución Normal para el consumo del repuesto Boquilla 0.090 Spark Tester (Autor).....	94
Figura 6.16. 1 Gráfico de comprobación estadística para el punto de pedido para el repuesto Boquilla 0.090 Spark Tester (Autor)	94
Figura 6.17. 1 Gráfico de Punto de pedido para repuesto Die 0.11 (Autor)	97
Figura 6.18. 1 Gráfico de Distribución Normal para el consumo del repuesto Die 0.11 (Autor).....	98
Figura 6.19. 1 Gráfico de comprobación estadística para el punto de pedido para el repuesto Die 0.11 (Autor)	98
Figura 6.20. 1 Cronograma de implementación	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. 1.....	27
Tabla 2.2. 1.....	28
Tabla 2.3. 1.....	29
Tabla 4.1. 1.....	54
Tabla 4.2. 1.....	57
Tabla 4.3. 1.....	58
Tabla 4.4. 1.....	59
Tabla 6.1. 1.....	72
Tabla 6.2. 1.....	72
Tabla 6.3. 1.....	76
Tabla 6.4. 1.....	77
Tabla 6.5. 1.....	77
Tabla 6.6. 1.....	81
Tabla 6.7. 1.....	82
Tabla 6.8. 1.....	82
Tabla 6.9. 1.....	86
Tabla 6.10. 1.....	86
Tabla 6.11. 1.....	86
Tabla 6.12. 1.....	90
Tabla 6.13. 1.....	91
Tabla 6.14. 1.....	91
Tabla 6.15. 1.....	95
Tabla 6.16. 1.....	95
Tabla 6.17. 1.....	96

Tabla 6.18. 1	99
Tabla 6.19. 1	100
tabla 6.20. 1	101

1. CAPÍTULO I: PROBLEMA Y PROPÓSITO

1.1. Estado actual de la investigación

Los inventarios de repuestos en las industrias especialmente en las de manufactura, deben ser tratados de forma especial de modo de evitar que se conviertan en un costo oculto de las organizaciones y más bien sirva para tener un balance adecuado entre el cumplimiento de los planes de producción y los costos en los que se incurre por su mantenimiento. Para realizar este apartado se citarán investigaciones de diversos autores en orden cronológico, al considerar aquellas investigaciones más antiguas a las más recientes. Así mismo se justifica por medio de estudios del tema, el planteamiento de los objetivos propuestos para la presente investigación.

Es importante contar con las piezas adecuadas en el momento que, es por eso la necesidad de poder tener un control eficiente de los costos derivados de contar con este inventario en las bodegas de las empresas.

La importancia de este control se justifica al conocer que los inventarios de materias primas, producto en proceso, producto terminado, suministros, repuestos y demás tipos, representan aproximadamente una tercera parte del total de los activos de una organización (Díaz y Fu, 1997) (p. 480).

Para el caso de los inventarios de repuestos para equipos de producción industrial lo cual es el tema de la presente investigación, se cuenta con la particularidad de que en la mayoría de las veces no es posible predecir la demanda como si sucede por ejemplo con materias primas. Esta situación hace que se tengan en el mismo inventario unidades que se consumen diariamente y unidades que pueden no ser utilizadas por años.

Según Sutoyo Blanco (1997), aproximadamente un 50% de los repuestos de un inventario en una empresa promedio son utilizados una vez por año o menos, mientras que entre un 10% y un 30% son unidades que nunca van a ser usadas pero que el no tenerlas implicaría paros importantes en caso de ser requeridas (p.1); estas últimas serían consideradas como un seguro para la continuidad de la operación. Esta sin duda es una situación que padece la empresa objeto de investigación.

Será tarea de la Gerencia de mantenimiento industrial asegurar el buen desempeño de los equipos de producción así como su porcentaje de disponibilidad y confiabilidad, el cual puede verse directamente afectado por un mal o nulo manejo del sistema de inventario de repuestos. Esta situación impactará la operación de la empresa al provocar incluso el incumplimiento de los planes de producción al afectar directamente al cliente.

Sin considerar el impacto al servicio al cliente, el costo puede verse afectado por paradas de producción que en un elevado porcentaje pueden deberse a falta de repuestos. En muchas organizaciones las paradas no programadas de equipo pueden representar grandes pérdidas económicas no solo por el producto no disponible a tiempo sino por el costo de detener el proceso.

Como menciona Sutoyo Blanco (1997) en vista de esta particularidad en el campo del mantenimiento industrial, muchas empresas optan por hacer sus inventarios más grandes de modo de evitar alguna parada no programada a costas del costo financiero que implica tener fondos invertidos que no van a ser utilizados en muchas ocasiones. Este particularmente es uno de los principales hechos que se presentan en la empresa donde se está haciendo la investigación.

Por otra parte, según Wilson (2010) es una práctica muy común pensar que aparte del costo del repuesto, no hay ningún otro costo en el cual la empresa debe incurrir, lo que hace que generalmente los inventarios tengan costos ocultos que hacen que no se vea la verdadera magnitud del impacto de los mismos en la situación financiera de las organizaciones.

Según el autor existe alrededor de un 20% del costo de cada unidad almacenada correspondiente a estos costos ocultos o costos administrativos de mantenimiento, rubros como salarios del personal de la bodega, costo de mantenimiento de repuestos que deben ser ajustados o verificados regularmente para que estén en su punto óptimo en caso de requerirse, así como el costo de oportunidad del espacio que ocupan el cual podría destinarse a actividades productivas, son importantes de considerar a la hora de evaluar la cantidad o tamaño óptimo de dicho listado de repuestos.

Se tienen también costos o pérdidas por partes obsoletas que no pueden ser

usadas en los equipos nuevos, o incluso unidades que por el tiempo de almacenamiento se dañan, oxidan o incluso han sido canibalizadas por el mismo personal de mantenimiento en alguna emergencia. Todas estas causas vienen a aportar a la suma total a considerar y por optimizar.

A este respecto resulta importante saber que muchos fallos de los equipos en proceso normal se deben a un repuesto instalado en malas condiciones. Muchas veces se identifica que el repuesto no está funcionando, pero luego de reemplazarlo no se hace un análisis de que fue lo que falló en la parte recién cambiada. Para ello es importante tomar en consideración según Posey y Slatter (2007) dos factores; el primero la exposición al ambiente donde se debe tomar en cuenta si el repuesto puede sufrir oxidación, si el polvo puede afectar su función, si la lubricación puede verse afectada o incluso fuentes de vibración que puedan causar algún efecto adverso.

El segundo punto por considerar es el efecto a estar almacenado estacionariamente, esto es el efecto de estar recargado solamente en un lado por ejemplo para equipos con rodamientos, y nuevamente la parte de lubricación que pudiera perderse al estar la parte sin moverse por largos periodos de tiempo. Estas son consideraciones importantes a la hora de decidir si tener o no un repuesto las cuales muchas veces se pasa por alto.

Al considerar nuevamente la empresa donde se va a hacer el estudio, todos estos costos están presentes, pero no contabilizados en el monto total. En este tipo de empresas multinacionales donde el espacio libre es una opción clara para atraer nuevas líneas de producción de otras plantas de mayor costo, se hace sumamente importante el contar con proyectos para poder optimizarlo y de esta forma mejorar la rentabilidad de la empresa ante los ojos de las Corporaciones de modo de poder seguir vigentes.

Continuando el análisis actual de la empresa, no se cuenta con una clasificación del inventario formal, ya que siempre se ha trabajado en clasificaciones empíricas basadas casi totalmente en el criterio de los encargados de mantenimiento de cada área; si el encargado considera que la parte es necesaria entonces se decide incluirla en la bodega, en las cantidades que el

encargado igualmente considere necesarias para estar cubiertos en caso de un evento.

Según Contreras (curso en 2016) el inventario de repuestos debe ser clasificado de modo de poder definir su criticidad y por tanto su importancia a la hora de decidir qué comprar y en cuánta cantidad.

Es acá donde se propone por ejemplo tener clasificados los artículos activos y pasivos, además de tener una clasificación ABC basada en utilización, y una clasificación XYZ basada en el valor de las unidades. Esta metodología de clasificación está basada en el principio de Pareto (Castro, Vélez y Castro 2011) y es particularmente útil para listas de inventarios formadas por muchas partes, de este modo se tendrá un panorama más claro de cuáles son los repuestos que más le cuestan a la empresa y por lo tanto se pueden priorizar planes para optimizar su uso (p 164 – 166).

Entre los problemas citados por los autores que provoca un pobre control de inventarios, y que están presentes en el caso en estudio, están: número elevado de partes que hace que se tenga poco control, para el caso de la industria objeto de estudio, se tiene un listado de partes guardadas de casi 9000 tipos diferentes de repuestos con un costo aproximado de \$6.000.000. De esos 9000 tipos de repuestos hay un listado de 2000 partes que no tienen un costo asociado en el sistema, lo cual en definitiva va a aumentar ese valor total de inventario una vez que se actualicen dichos costos.

Otro problema es la dependencia a pocos proveedores, el ya mencionado riesgo de obsolescencia, la diferencia de consumo entre partes así como diferencias en costos lo cual es ya una característica inherente de los inventarios de repuestos y finalmente menciona la falta de control y de conocimiento en la gestión que hace que el problema real pase oculto.

La clasificación de partes mencionadas es un ejercicio necesario de hacer para poder priorizar las partes de mayor impacto y por tanto facilitar el proceso total de análisis (Syntetos, Keyes y Babai, 2009), de esta forma se tendrán sub grupos en lugar de una lista de partes individuales que facilitara el proceso. La criticidad del inventario sería un entregable de este análisis, al lograr ya en este

parte poder medir de cierta forma lo que se tiene almacenado. Cabe destacar que en la empresa actualmente no se tiene esta clasificación de criticidad, solamente se tienen separadas las partes por costo.

El análisis continuo después de definir la criticidad con procesos de análisis tales como determinación de la demanda de las partes, estimación del nivel de riesgo de las unidades, así como inspecciones periódicas (Hassan, Kahn y Hasan 2012).

Retomando a Contreras (curso en 2016) es importante poder determinar los indicadores de Gestión que van a determinar el éxito de la optimización y si por el contrario deben replantearse los objetivos para mejorar. Es importante poder medir lo que se hace para poder tener retroalimentación de la labor hecha.

Es así como indicadores tales como valor del inventario, Rotación del inventario, Nivel de servicio y materiales obsoletos, deben ser implementados y sobretodo evaluado periódicamente para asegurar que la optimización se cumple con el tiempo y por tanto se tiene el inventario bajo control.

Tomando en cuenta los puntos señalados anteriormente es que se decide realizar esta investigación de modo de poder proponer una metodología estructurada e ingenieril de manejo del inventario total de repuestos de la empresa. Existe una alta probabilidad de poder hacer estimaciones de existencias recomendadas basadas en normas ya establecidas de modo de poder reducir en primer lugar el costo del inventario actual y luego poder tener un ahorro por costos de manejo de estas listas de partes actuales.

Esto sin duda dará un nivel de confianza mayor a quienes hacen su trabajo en la parte de mantenimiento y lograra que la organización sienta mayor control en estos temas, lo cual a la vez contribuye a mejorar los indicadores financieros de la empresa; esto teniendo en cuenta que la empresa nació y creció en su mayoría por proyectos de ahorros de costos de la casa matriz, y en tanto esta ventaja competitiva en costos se siga manteniendo, de igual forma de mantendrá la operación normal de la empresa acá en el país.

1.2. Planteamiento del problema.

Este planteamiento va a permitir poder formular el objetivo principal de la investigación así como subproblemas identificados en el análisis de modo de poder igualmente definir los objetivos específicos del estudio.

Como hace referencia Wally Wilson (2012) en su artículo “Change the storeroom culture to a best practice performance” el inventario de partes en general es un mal necesario con el que este tipo de empresas de manufactura deben vivir. Precisamente por esta razón es que generalmente es un costo oculto con el cual se decide vivir y no se le pone atención a cómo manejarlo eficientemente y por lo tanto optimizarlo de modo de tener el menor impacto posible en costo y en servicio al cliente. De ahí la importancia de que la organización haya identificado la situación como un problema que quiere resolver, de modo de lograr el compromiso de todas las partes involucradas para que el esfuerzo sea sostenible y no sea solamente de unos pocos ni de poco tiempo.

Parte de los síntomas de problemas han sido los tiempos elevados de paros no programados por faltantes de partes de recambio, tiempos que pudieron haberse evitado, o al menos reducido si la parte hubiera estado disponible; poca visibilidad del costo del inventario además de poca o nula visibilidad de indicadores tales como nivel de servicio o de tiempos de entrega de modo de poder tener visibilidad para anticipar problemas.

No existe conocimiento por parte de los técnicos de las líneas de producción de cuáles son los repuestos críticos de sus equipos o cual es el orden de las partes en términos de unidades de mayor consumo. Esta falta de conocimiento contribuye al hecho de que se tengan partes guardadas que tienen algunas más de 3 años de no rotar lo cual no es el escenario ideal.

Este último punto como se mencionaba anteriormente es una de las situaciones que permanecen ocultas y no se les presta atención, para la parte financiera es importante conocer que recursos están estancados y no están agregando valor a la operación de modo de poder tomar acciones para corregirlo. Esto en parte se ha debido a la tendencia a comprar piezas de más de modo de tenerlo como un seguro de vida en caso de fallo. Importante recalcar que no se

debe confundir un alto nivel de inventario con un alto nivel de disponibilidad en este caso de los equipos para producir. Para los departamentos de compras es más sencillo comprar al por mayor para reducir la frecuencia de las compras y además recibir mejores precios. Esto está en contra de la filosofía de control óptimo de inventarios pero aun así es la regla aun al día de hoy.

El hecho de tener poco conocimiento del tema en la organización ha provocado que la tendencia del problema a permanecer oculto se haya materializado en este caso y por lo tanto se esté hoy identificando como una situación importante que atacar. La forma como la empresa fue creciendo y el ritmo muchas veces muy acelerado llevo a centralizar los recursos disponibles en ese momento a atacar situaciones de emergencia o de mayor prioridad para no afectar la calidad del producto ni el servicio al cliente. Situaciones referentes a costos fueron quedando en un segundo plano para poder ser atacadas y resueltas.

Si el problema no se ataca el nivel de inventario y por tanto su costo va a ir incrementándose. Cada vez más partes van ser incluidas en la bodega de la empresa con un mínimo o nulo control lo cual, además del costo de compra y mantenimiento de las partes probablemente vaya a sumar en algún momento el costo de un lugar más grande de almacenamiento o incluso un alquiler de alguna localidad adicional.

Este rubro entraría a formar parte de los activos de la empresa lo cual hará que su nivel sea mayor lo cual financieramente es un aspecto negativo que debiera ser evitado; a mayor nivel de inventario de una empresa, menor será su utilidad al final del periodo.

Adicionalmente a la parte ya descrita, se tendrá un vacío en el conocimiento del personal técnico de los equipos que mantiene, ya que no se sabrá a ciencia cierta cuales son las partes que más se consumen ni la criticidad de las mismas, de modo de poder plantear proyectos que ayuden a reducir el mismo y por tanto reducir costos igualmente.

Según las consideraciones anteriores se formaliza el problema de la investigación a partir de la siguiente pregunta: “¿Cuál es el nivel óptimo de

existencias de repuestos en la bodega para mantener el costo el inventario al mínimo en la bodega de la planta de Boston Scientific, para el primer cuarto del 2017?”.

A partir de esta pregunta principal se generan otras interrogantes como las siguientes: “Cual es el nivel exacto del inventario actual, incluyendo el costo de todas las unidades que conforman el inventario total de repuestos?”, “Cual es la criticidad y las existencias recomendadas de los repuestos que forman el inventario”, “Cual es la metodología correcta para la inclusión de nuevas partes, y como se le puede dar mantenimiento a la estrategia una vez implementada?”.

1.3. Justificación.

Es bien sabido que en el estudio de procesos, en este caso procesos de manufactura, lo que no se mide no se puede mejorar. Si algo no puede o no ha sido medido lo que esté sucediendo con esa característica específica va a pasar desapercibida y por tanto no podrá formularse ningún plan de mejora para poder tener un valor agregado de esa operación.

En estos tiempos de alta competencia ya no solo nacional o regional, sino mundial, es necesario poder tener la mayor cantidad de ventajas sobre la competencia de modo de poder mantener su posición de mercado y de ser posible mejorarla.

La presente investigación tiene como objetivo dar ese valor agregado al departamento de Mantenimiento por medio de la optimización y control del inventario de repuestos, de modo que el tema no sea más un factor oculto y de ahora en adelante tenga la visibilidad necesaria a la organización de modo de poder medirlo, y por tanto poder mejorar.

La planta al final va a ser el mayor beneficiado del resultado e implementación de la investigación, sin embargo particularmente se beneficiaría la parte de producción o tener garantía de tener sus equipos operando a un nivel de disponibilidad definido; la parte de mantenimiento al tener mayor conocimiento de sus equipos y a la vez poder dedicar menos tiempo a paros de emergencia y hacer trabajos más programados; la parte de bodega de materiales al tener un

inventario optimizado que controlar y manejar y finalmente la parte financiera de la empresa al tener una reducción importante en el costo económico de todas las partes almacenadas en las bodegas así como una reducción de los costos administrativos derivados de esa cantidad de partes.

Al ser identificado como una oportunidad de mejorar los aspectos ya mencionados, es que la empresa decide apoyar la iniciativa y proveer recursos destinados a investigar y proponer una mejora. De estudios previos se puede ver que una cantidad importante de partes no tienen ningún tipo de rotación las cuales pueden ser eliminadas del inventario, además de que al no haber una clasificación de criticidad no se puede saber aún cual repuesto debe estar necesariamente disponible y cual no es tan necesario. Se cuenta también con recursos didácticos referentes al tema que servirán como guía de la investigación.

La investigación tendrá tres grandes partes que consisten en primer lugar analizar la situación actual, y a la vez poder proponer las mejoras necesarias luego de los análisis correspondientes a la mejora del inventario que se tiene. Una vez analizado el inventario actual y teniendo el plan de acción para su optimización, se va a trabajar en definir la forma en que deben ser ingresados los repuestos nuevos de modo que la metodología este alineada al análisis que ya se hizo de las partes actuales; esto es que las partes nuevas tengan su análisis de criticidad para ser incluidas en el sistema con los datos ideales.

La tercera parte será el plan de mantenimiento del sistema. Una vez optimizado el inventario y definida la forma colegiada para la inclusión de nuevas partes, se deben implementar indicadores de Gestión que permitan ver la efectividad del sistema y permita por lo tanto tomar acciones en el momento en que ocurren los problema para volver al rumbo normal. Revisiones periódicas de criticidad para verificar que las condiciones iniciales se mantienen, y si no es así actualizar los datos, así como procurar que repuestos recién incluidos tienen un comportamiento histórico similar al teórico propuesto en el momento de la inclusión.

En cuanto a las potencialidades del proyecto, se tiene el ya mencionado de la parte de ahorro de costos por medio de la optimización. Una parte importante de

la justificación de su realización es precisamente el retorno de la inversión que se ve es posible tener luego de la finalización. Adicionalmente el conocimiento que el personal técnico va a tener luego del análisis, ya que son ellos los que van a realizar los análisis correspondientes de las partes de sus equipos guiados con la metodología planteada por el estudio. Se puede mencionar también el hecho de implementar un sistema de indicadores de gestión, el hecho de tener una metodología de medición del sistema de repuestos debe tratar de implementarse de modo de tener retroalimentación del proceso.

El tema de oportunidades es uno de los que ha motivado el plantear el tema de investigación. Se puede mencionar el control y actualización de todas las partes que están sin precio en el sistema las cuales están creando un problema oculto al no tener certeza del valor real del inventario. Además existe la opción de poder darle seguimiento a los repuestos que van quedando obsoletos de modo de poder identificarlos y poder sacarlos del sistema, ya que actualmente no hay una metodología establecida para llevar a cabo este control. Se puede mencionar también la opción de poder reportar un ahorro luego de la implementación de las acciones que se van a proponer, esta es una de las oportunidades más atractivas del proyecto.

En cuanto al tema de tendencias, debido a la globalización y a la competencia que se tiene prácticamente en el nivel mundial, es que se hace necesario optimizar costos y recursos disponibles. El inventario es un activo que debe procurar tenerse en el nivel más bajo posible de modo de afectar a las utilidades de la menor forma posible. Parte de la reducción de costos que toda empresa busca actualmente se basa en este tipo de iniciativas donde estructuradamente se optimicen secciones clave del negocio. Todos estos esfuerzos deben ser proyectados por medio de indicadores o por algún medio que muestre visualmente si se están cumpliendo los objetivos o no, como se ha comentado todo lo que se quiere mejorar debe poder medirse para poder registrar la evolución y los planes de mejora en caso de necesitarlos.

En cuanto a curiosidades, se pueden establecer ciertos elementos o situaciones que no se están manejando de manera adecuada que a la vez

muestran la problemática actual. Es así como se puede identificar un manejo hasta cierto punto empírico del tema de inventarios específicamente de repuestos, ya que el tema de materias primas si se controla de muy buena manera. Precisamente relacionado con este punto se ha podido determinar en la práctica, que el tema de inventarios de materias primas y de repuestos debe tratarse de forma diferente debido a la naturaleza del consumo y el tipo de elementos que lo conforman. Al tener poco control o visibilidad de los inventarios muchas veces el tema no se trata como un problema, como si se trata por ejemplo el tema de producto defectuoso, o de cortos de producción que si son generalmente más visibles y generan por tanto más impacto en las organizaciones. Más bien en este caso el tener un exceso de repuestos disponibles en las bodegas da cierta tranquilidad a la organización al asegurar en un alto porcentaje, que las operaciones de manufactura no se van a detener por falta de alguna pieza de recambio para los equipos.

1.4. Objetivos.

1.4.1. Objetivo General

Diseñar un plan de manejo de inventarios para determinar el nivel óptimo de existencias de repuestos críticos seleccionados identificados como clase A en la bodega, para el mantenimiento del costo el inventario al mínimo, para el primer cuarto del 2017.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Realizar análisis del proceso actual de manejo del inventario de repuestos.
- b. Realizar una clasificación de las unidades del inventario para poder determinar las unidades críticas en la gestión del inventario.
- c. Efectuar un análisis de demanda para las partes críticas identificadas previamente.
- d. Hacer el análisis de criticidad para determinarlas las partes que tengan mayor impacto en el costo.
- e. Desarrollar la propuesta de las mejoras para la optimización del inventario.
- f. Proponer un plan de implementación para el manejo óptimo del inventario.

2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

En este capítulo se hará una descripción de los conceptos y la teoría que se deberá considerar para lograr una efectiva optimización del inventario de repuestos. Se considerarán aspectos regulatorios y de organización de la empresa de modo de poder entender el contexto del problema, además se describirán las técnicas que se usarán para hacer el análisis y poder, como punto final, hacer una propuesta de optimización de la lista actual de inventarios que represente un ahorro de costos para la organización.

2.1. Marco Teórico Contextual

En este apartado se analizarán las variables del contexto en el cual se va a desarrollar la investigación, de modo de poder tener una mejor comprensión de factores que pueden variar el rumbo de la misma. Profundización del conocimiento del tema, así como el tipo de industria y los esfuerzos que se han hecho en torno al tema serán igualmente analizados.

2.1.1. Diagnóstico Comunal, Regional, Nacional

El tema de inventarios de repuestos de equipos de producción es un tema que no está tan desarrollado como el manejo de inventarios para partes con una rotación constante o al menos predecible, como por ejemplo materias primas o producto terminado (Contreras, 2016). No se tiene mucha información disponible ni casos reales en los cuales se hayan implementado estrategias para su control, al menos en industrias que operen acá en el país.

La variable geográfica debe ser igualmente considerada en el análisis global ya que los resultados de criticidad o decisiones que deban tomarse para clasificaciones de partes deben ser hechas tomando en cuenta que Costa Rica no es un país de manufactura de este tipo de consumibles los cuales deben ser casi en su totalidad exportados de Estados Unidos e incluso de Europa dependiendo del tipo de equipo que se está atendiendo. Tiempos de entrega muchas veces afectados por variables climáticas o incluso políticas deben ser considerados y hacen que las condiciones sean diferentes a cualquier otro país del cual se quiera hacer comparación de

resultados o acciones; incluso plantas de la misma empresa si están en países diferentes deben ser evaluadas teniendo esta consideración especial.

Autores como Dhillon (2002) dedican capítulos de sus libros al tema de inventarios de repuestos como parte de una obra general de Ingeniería (Engineering Maintenance: A modern approach), sin embargo obras completas dedicadas al tema son limitadas de igual forma. En cuanto a artículos e investigaciones las más recientes se han dado en Suramérica, países algunos muy avanzados en temas de mantenimiento industrial como Chile, Venezuela, Colombia en donde se cuentan con expertos del tema que incluso dan consultorías en este específico. Autores como Carlos Parra y Adolfo Crespo son autores suramericanos reconocidos en este tema con artículos importantes y experiencia en el campo en la implementación de las estrategias que proponen. Parra y Crespo (2012) en su libro Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada en la Gestión de Activos dedican capítulos al tema de inventarios como parte de la propuesta integral de manejo de activos planteada.

Acá en el país la Cámara de Industrias está haciendo un esfuerzo importante por abarcar este tema y en este momento tiene entrenamientos específicos para empresas que hayan identificado el tema de manejo de repuestos como una problemática que quieren combatir y desean tener un conocimiento un poco más especializado de cómo poder plantear una metodología de optimización.

2.1.2. Diagnóstico Institucional u Organizacional

De acuerdo con Duffuaa (2000) En el caso de la Gerencia de mantenimiento industrial, el buen desempeño de los equipos de producción, así como su porcentaje de disponibilidad y confiabilidad, puede verse directamente afectado por un mal o nulo manejo del sistema de inventario de repuestos. Esta situación impactará la operación de la empresa al provocar incluso el incumplimiento de los planes de producción que afectan directamente al cliente.

Sin considerar el impacto al servicio al cliente, el costo puede

verse afectado por paradas de producción que en un elevado porcentaje pueden deberse a falta de repuestos. En muchas organizaciones las paradas no programadas de equipo pueden representar grandes pérdidas económicas no solo por el producto no disponible a tiempo sino por el costo de detener el proceso (Díaz y Fu, 1997).

El estudio se llevará a cabo en la planta de producción de la empresa Boston Scientific ubicada en el Coyol de Alajuela, específicamente en la Zona Franca Propark, con lo cual se indica que la empresa opera bajo la sombra del régimen de Zona Franca con todas las condiciones que esta metodología brinda a las empresas. Boston Scientific es una empresa de fabricación de dispositivos médicos con más de 30 años de operación con casa matriz en Boston, Massachusetts en los Estados Unidos. La empresa cuenta con distintas divisiones de especialidades con productos específicos para cada una de ellas por ejemplo urología, cuidado de la mujer, cardiología, gastroenterología, etc. (Intranet Corporativa Boston Scientific, 2016)

Las plantas de producción están ubicadas en varios países como Estados Unidos, Irlanda, Puerto Rico y Costa Rica, con centros de distribución ubicados prácticamente en todos los continentes al asegurar así presencia prácticamente mundial en cuanto a utilización de sus productos. Específicamente en Costa Rica, además de la planta de Coyol inaugurada en 2008, se tiene otra planta en Heredia la cual inicio operaciones en 2004; ambas plantas tienen administraciones diferentes que las hacen independientes entre sí

Para la planta del Coyol, se tienen 4 grandes áreas de producción diferentes las cuales dan soporte en cuanto a manufactura de productos para diferentes divisiones una de la otra, contando con un total aproximado de 2300 empleados. Para áreas de alto volumen de producción se cuenta con producción 24/7, sin embargo hay áreas con producto delicado que llevan procesos de producción lentos y tienen

poca demanda que trabajan 2 turnos o incluso 1 turno diario.

Específicamente en el área de mantenimiento electromecánico de acuerdo con el plan estratégico de la planta (2016), se cuenta con una estructura por unidad de producción con ingenieros de mantenimiento con su grupo de supervisores y técnicos que se encargan de velar por el buen funcionamiento de los equipos de modo de trabajar a la mayor disponibilidad posible basados en las metas internas de modo de lograr la producción esperada. Uno de los puntos por lo que el grupo de mantenimiento debe velar es el inventario de repuestos.

Todos los repuestos de la planta se encuentran centralizados en una bodega en donde cada área define basado en el criterio de cada grupo, cuántos repuestos debe tener disponibles; no ha habido históricamente restricciones en cuanto a la cantidad de recursos almacenados en esta bodega.

Como parte de las directrices de la casa matriz para todas las plantas de producción, como parte de las metas u objetivos que cada planta deben cumplir anualmente se plantea anualmente una reducción del precio estándar del producto en un 8% en promedio. Para lograr esto cada departamento de la planta debe plantear proyectos de ahorro que en el final del año sumándose logren esta reducción solicitada.

Luego de un análisis de posibles proyectos de ahorro se identificó la optimización de repuestos como un proyecto con impacto en el nivel planta que puede dar a la organización un monto de ahorro que puede contribuir a la meta global, de ahí la importancia de plantear una investigación robusta que logre los resultados planteados (Plan anual VIP projects 2015).

Debido a esta situación la parte de mantenimiento no contaba con personal dedicado a esta labor, lo cual hacia que en la parte de control de equipos no se contaba con conocimiento especializado para sacarle el mayor provecho al recurso. Adicionalmente, la gran mayoría de las líneas de producción actuales son consecuencia de proyectos de

ahorros en el nivel corporativo que han consistido en transferir esas líneas de plantas de Estados Unidos principalmente a la planta en Costa Rica de modo de poder operar a un menor costo.

Una de las condiciones comunes en este tipo de proyectos es transferir tal y como se opera en la planta de origen (Master Validation plan CR1-CR2, 2008) lo que provoca que no se puedan implementar mejoras en el proceso de transferencia sino hasta que la línea esté ya estable operando en la nueva planta.

Todos estos factores han hecho que la parte de mantenimiento industrial específicamente, no tuviera una estrategia robusta que de manera preventiva atacara los problemas y que planteara planes de mejora a las oportunidades de mejora identificadas. El hecho de no contar con personal dedicado a esta labor hacia que esa estrategia fuera igualmente difícil de concebir bajo el esquema que se tenía en ese momento.

2.1.3. Características de los sujetos en estudio

Para el caso específico del tema bajo investigación que es el inventario de repuestos, el comportamiento ha sido básicamente el descrito en los párrafos anteriores. No se ha tenido históricamente un programa de optimización que controle las existencias, de modo de poder anticipar la necesidad de alguna pieza específica ni poder mantener el costo bajo control. Sumado a esto, no se ha tenido un indicador que controle o haga visible las veces que se han tenido problemas con repuestos, de modo poder implementar planes de acción para corregir los problemas (9 panel, periodo 2011).

Cada área llevaba a cabo sus propios esfuerzos aislados para tratar la problemática de repuestos, pero en el nivel de la empresa como tal no se ha tenido. En áreas de alto volumen de producción los paros de equipo debidos a algún repuesto faltante o mal identificado llegaron incluso a un 40% del tiempo total de paro por todas las causas

(Reportes de tiempo muerto de maquinaria, departamento Ingeniería de Equipos, 2012).

La empresa al reconocer la importancia de un buen programa de mantenimiento como un medio para tener un proceso productivo más estable y controlado, creó en el 2008 el Departamento de Ingeniería de equipos el cual se dedicaría todo lo referente al mantenimiento electromecánico de los equipos instalados y además de proyectos de equipos nuevos.

A este punto ya se empezaron a tener más planes a mediano y largo plazo para el aumento de la disponibilidad de las máquinas. Sin embargo se carecía de un plan integral de manejo de repuestos lo cual hacía que se continuaran teniendo tiempos altos de paro de producción por problemas de disponibilidad de partes para recambio.

De acuerdo con el plan estratégico del departamento de Ingeniería de Equipos (2013), se plantearon planes de acción para poder remediar la situación, una de estas alternativas fue incluir el inventario de repuestos dentro del programa de manejo de bodega de materia prima de la empresa, el cual estaba muy bien implementado y controlado. Sin embargo, el hecho de no poder predecir de forma simple cuando los repuestos de equipo van a fallar, como si se puede hacer con las materias primas para la producción normal, hizo que la iniciativa no diera los frutos deseados y se continuaran teniendo los paros constantes por el mismo tema.

La otra iniciativa que se implementó fue la de identificar los repuestos críticos por área tanto por costo, consumo y dificultad para ser comprados de modo de poder subir los puntos de reorden de dichos elementos y asegurar por tanto su existencia para el momento en que se requieran. Si bien es cierto se logró disminuir de manera considerable los tiempos de paro por falta de repuestos (aproximadamente en un 80%), esta acción incrementó el costo del inventario guardado en las bodegas y por tanto los costos asociados a

este incremento. A este punto ya se empezó a ver la necesidad de tener control y además que se inició a crear cultura, lo cual será necesario para poder darle mantenimiento a la estrategia y que no sea un esfuerzo aislado que no va a llegar a ningún resultado concreto.

En la actualidad (de acuerdo al reporte de existencias en el sistema de control de inventarios para agosto 2016) se tiene un listado de partes guardadas de casi 9000 tipos diferentes de repuestos con un costo aproximado de \$6.000.000. De esos 9000 tipos de repuestos hay un listado de 2000 partes que no tienen un costo asociado en el sistema, lo cual en definitiva va a aumentar ese valor total de inventario una vez que se actualicen dichos costos. A ese costo directo de inventario hay que sumar un 15% de costos indirectos de mantener esa cantidad de partes por lo que el costo total inicial es bastante elevado en la actualidad lo cual es identificado como una buena oportunidad de investigar, y poder por lo tanto dar propuestas concretas para optimizar el inventario.

2.1.4. Evolución de la temática en el contexto nacional

Tomando en cuenta los puntos señalados anteriormente es que se decide realizar esta investigación de modo de poder proponer una metodología estructurada e ingenieril de manejo del inventario total de repuestos de la empresa. Existe una alta probabilidad de poder hacer estimaciones de existencias recomendadas basadas en normas ya establecidas (Contreras, 2016) de modo de poder reducir en primer lugar el costo del inventario actual y luego poder tener un ahorro por costos de manejo de estas listas de partes actuales.

Esto sin duda dará un nivel de confianza mayor a quienes hacen su trabajo en la parte de mantenimiento y logrará que la organización sienta mayor control en estos temas, lo cual a la vez contribuye a mejorar los indicadores financieros de la empresa; teniendo en cuenta que la empresa nació y creció en su mayoría por proyectos de ahorros

de costos de la casa matriz, y en tanto esta ventaja competitiva en costos se siga manteniendo, de igual forma se mantendrá la operación normal de la empresa acá en el país.

2.2. Marco Teórico Conceptual

2.2.1. Inventarios

Los inventarios en general son bienes tangibles que forman parte de los activos de toda empresa. Comprenden además del producto terminado las materias primas, producto en proceso, materiales necesarios para la producción y prestación del servicio, repuestos, empaques, etc.

Al considerar esta definición, el inventario sería el principal activo de la empresa, tanto por su costo como por su importancia como la fuente de ingreso de la misma. Es por esta razón que se debe conocer los elementos que forman cada tipo de inventario, además del costo del mismo de modo de poder determinar el impacto que tendrá en las utilidades de la empresa en el final del periodo (Gil, 2009).

2.2.1.1. Tipos de inventario

Los diferentes materiales que forman parte de los activos de la empresa que forman parte del inventario, pueden clasificarse según los criterios siguientes (Bravo, 1995).

Materias primas. Compuesto por los elementos simples que luego de una transformación y unidos con otros elementos similares serán considerados producto terminado.

Productos semielaborados. Artículos manufacturados que se incorporan en un artículo mayor para construir el producto final; llamado también componente.

Empaquetado. Artículos utilizados por el empaque del producto terminado antes de su venta, incluye artículos destinados

al empaquetado de protección tanto para su venta como para su preservación mientras están en inventario antes de ser vendidos.

Consumibles. Bienes no incorporados al producto terminado, pero que de una u otra forma son necesarios para su elaboración. Los repuestos de los equipos de manufactura que son el objeto de estudio de la presente investigación, caen dentro de esta clasificación de inventario.

Producto terminado. Artículos completos y que funcionan, listos para la venta.

2.2.2. Principio de Pareto

Dar mantenimiento a los inventarios requiere de tiempo del personal y cuesta dinero, por lo que la idea para poder optimizar es tratar de utilizar los recursos disponibles para controlar el inventario de la mejor manera. En otras palabras, enfocarse en las piezas más importantes en el inventario (Chase, Jacobs y Aquilano, 2009).

En el siglo XIX, Vilefredo Pareto, en un estudio sobre la distribución de la riqueza en Milán, descubrió que 20% de las personas controlaban 80% de la riqueza. Esta lógica de la minoría con la mayor importancia y la mayoría con la menor importancia se amplió para incluir muchas situaciones y se conoce como el principio de Pareto.

Este principio puede aplicarse a los sistemas de inventario de modo de poder determinar un grupo de pocas piezas que representan la mayor parte de la inversión.

2.2.3. Análisis causa y efecto

El análisis causa efecto es una forma de organizar y presentar las diferentes teorías o ideas sobre la causa de un problema. Permite tener una idea sencilla de un problema complejo (Stachu, 2009).

Una vez definido el Defecto o el problema por atacar, se deben determinar las causas mayores las cuales encabezarán cada una de las

flechas que dan a la línea principal del llamado diagrama de Ishikawa. Cada causa mayor tendrá causas menores que deben ser documentadas unidas a cada flecha de modo de ver claramente la relación entre las diferentes causas.

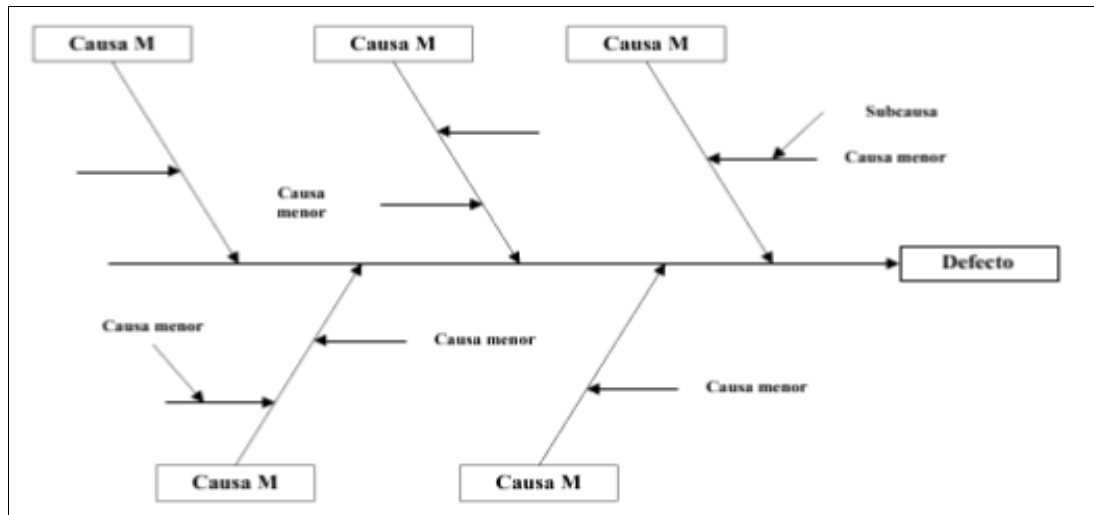


Figura 2.1. 1 Diagrama causa efecto (Stachu, 2009)

Las causas mayores suelen identificarse como 5Ms, las cuales son: Materiales, Máquina, Métodos, Mano de obra, Medio Ambiente. Luego de anotadas todas las causas probables, se debe proceder a descartarlas o a reafirmarlas como Causa principal o contribuyente

2.2.4. Diagramas de Flujo

Los diagramas de flujo representan gráficamente hechos, situaciones o relaciones por medio de símbolos. Su importancia radica en la ayuda que brinda para lograr una representación gráfica de algún proceso determinado y a la vez poder conocer rápidamente actividades innecesarias, así como posibles sobrecargas de trabajo para ciertos puestos dentro del proceso.

Se tienen diagramas de flujo vertical, horizontal y de bloques si se analizan por forma; si se considera el propósito se tendrán diagramas de forma, labores, método, analítico, de espacio y combinados.

La simbología general se describe a continuación:

Actividad u operación. Se utiliza siempre que una actividad o grupo de ellas tengan como objetivo un cambio, ya sea en el valor, forma o disposición de la información. Siempre que se quiera algún comentario al margen, notas exploratorias, aclaraciones, etc.; se trazará indistintamente una línea punteada que vaya de la nota aclaratoria al símbolo en que se requiere esa nota.

Documento. El símbolo se utilizará cuando se desee representar un documento cualquiera. Puede ser una forma, un control, una ficha, un listado, etc.

Transferencia. Este símbolo se utiliza cuando en el flujo del proceso o sistema interviene otra sección o departamento que no sea el estudiado.

Alternativa. Este símbolo representa el momento en que una actividad u operación cualquiera implica tomar uno o varios caminos diferentes.

Dirección de flujo. Indica la secuencia de la información y se utiliza para unir símbolos, según su flujo.

2.2.5. Clasificación ABC

Generalmente los inventarios comprenden tantas piezas que no resulta práctico crear un modelo y dar un tratamiento uniforme a cada una. Para evitar este problema, el esquema de clasificación ABC divide las piezas de un inventario en tres grupos: volumen de alto costo (A), volumen de costo moderado (B) y volumen de costo bajo (C). El volumen en costo es una medida de la importancia; una pieza de bajo costo pero de alto volumen puede ser más importante que una pieza de costo alto pero de bajo volumen

La estrategia ABC consiste según en dividir la lista de partes que forman el inventario en tres grupos según Chase, Jacobs y Aquilano (2006) el valor: las piezas A constituyen aproximadamente el 15% del

costo más alto de las piezas, el grupo B el 35% siguiente y las piezas C el último 50%.

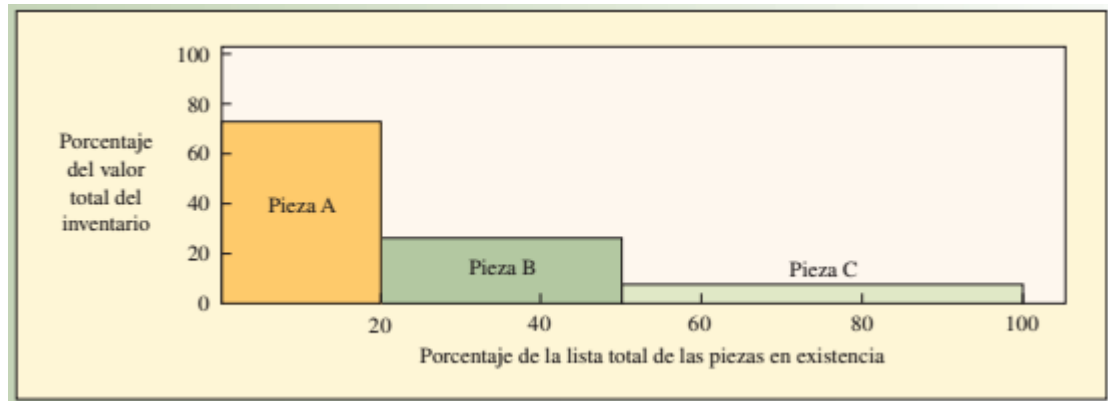


Figura 2.2. 1 Diagrama Distribución teórica clasificación ABC. (Chase, Jacobs y Aquilano 2006)

Es probable que la segmentación no siempre ocurra con tanta claridad. Sin embargo, el objetivo es tratar de separar lo importante de lo que no lo es. El punto en el que las líneas se dividen realmente depende del inventario en cuestión y en la cantidad de tiempo del personal disponible (con más tiempo, una empresa podría definir categorías A y B más extensas).

El propósito de clasificar las piezas en grupos es establecer el grado de control apropiado sobre cada uno. En forma periódica, por ejemplo, las piezas de la clase A quizás estén más controladas con pedidos semanales, las piezas B se podrían pedir cada dos semanas y las piezas C cada uno o dos meses.

El costo unitario de las piezas no tiene ninguna relación con su clasificación. Una pieza A puede tener un volumen de dinero alto mediante una combinación de bajo costo y alto uso o de costo alto y uso bajo.

De manera similar, las piezas C pueden tener un volumen de dinero bajo porque tienen una demanda o un costo bajo. En ocasiones, una pieza puede ser crítica para un sistema si su ausencia provoca una pérdida significativa. En este caso, sin importar la clasificación de la

pieza, es posible mantener existencias suficientemente altas para evitar que se agote. Una forma de asegurar un control más estrecho es asignar a esta pieza una A o una B, clasificándola en una categoría aun cuando su volumen de dólares no garantice su inclusión.

2.2.6. Clasificación XYZ

Por otra parte, si se toma en cuenta el valor del inventario de la empresa, se tiene la clasificación XYZ de los componentes (Bose, 2006). La clase X es para las unidades de inventario cuyos valores son altos, mientras que las unidades clase Z son los que tienen valores de inventario bajos. Los clase Y tendrán entonces costo moderado comparado con los X y Z.

Este análisis tiene como objetivo identificar unos pocos elementos que contribuyen en gran manera al costo del inventario almacenado, para poder tomar medidas específicas para su reducción en sitio o eliminación si es posible. Generalmente se combina con el análisis ABC para mejores resultados en cuanto a la definición de componentes físicos del inventario para definir un plan de acción en reducción de costos.

Tabla 2.1. 1

Estrategias para repuestos ABC, XYZ (Bose, 2006)

Clase de la parte	A	B	C
X	Esfuerzos se deben enfocar en reducir inventario a clase Z	Esfuerzos se deben enfocar en convertir este inventario a clase Y	Esfuerzos deben ir en disponer de los excesos de inventario
Y	Esfuerzos se deben enfocar en convertir este inventario en clase Z	-	Control puede tener una prioridad menor
Z	-	Nivel de inventario debería ser revisado semestralmente	-

En la tabla se puede apreciar la recomendación de cómo tratar los diferentes grupos de partes luego de haber hecho y combinado el

análisis ABC y XYZ, según lo recomienda Bose (2006). Por ejemplo, partes que quedan clasificadas como clase A y clase X deben ser estudiadas y ver la opción de reducir el inventario al tratar de que las partes que queden estén cerca de la clasificación Z de la tabla.

2.2.7. Análisis de Criticidad

Para lo que es el análisis de criticidad de las partes, se tiene el método Valor-Criticidad (Contreras, 2016), que consiste en combinar el análisis XYZ (Valor económico) con el análisis de criticidad (Costo por indisponibilidad- lucro cesante) de cada material.

Se aplica el análisis XYZ para asignar un código (X, Y Z) dependiendo del valor en inventario del artículo. Hecho esto se definen tres códigos (1, 2, 3) para asignar la criticidad en función del costo por indisponibilidad de cada artículo para luego, combinar ambas clasificaciones, cada uno de los materiales en inventario quedará identificado con uno de los 9 códigos posibles.

Tabla 2.2. 1

Definiciones de Criticidad (Contreras, 2016)

CRITICIDAD	3	3Z	3Y	3X
	2	2Z	2Y	2X
	1	1Z	1Y	1X
		Z	Y	X
		VALOR		

Los elementos que deben considerarse para asignar la criticidad de las unidades del inventario, para el caso específico de inventarios de repuestos de equipos de producción son:

- Pérdida de producción. Producción no hecha por indisponibilidad de la parte.

- Tiempo de entrega. Tiempo transcurrido desde que se solicita la parte hasta que está en la planta disponible para usarse.

El lucro cesante es el valor obtenido al multiplicar la calificación asignada a la afectación a la producción por la calificación asignada al tiempo de entrega, al resultar la matriz siguiente usada para la determinación final de la criticidad.

Tabla 2.3. 1

Criterios de criticidad (Contreras, 2016)

INDISPONIBILIDAD	PARALIZA LA PRODUCCIÓN	MEDIA (2)	ALTA (3)	ALTA (3)
	LA AFECTA PARCIALMENTE	BAJA (1)	MEDIA (2)	ALTA (3)
	NO AFECTA LA PRODUCCIÓN	BAJA (1)	BAJA (1)	MEDIA (2)
		< 10 DÍAS	ENTRE 10 Y 30 DÍAS	> 30 DÍAS
	TIEMPO DE ENTREGA			

2.2.8. Políticas de reposición

Se describen dos métodos útiles para este propósito (Contreras, 2016).

2.2.8.1. Método máximos y mínimos

Se desea mantener el stock entre un nivel mínimo (MÍN) y un nivel máximo (MÁX), al generar un pedido cuando el nivel de inventario llega o cae por debajo del nivel mínimo (MÍN) establecido.

La cantidad a pedir es la diferencia entre el nivel máximo

(MÁX) y la cantidad actual (disponible).

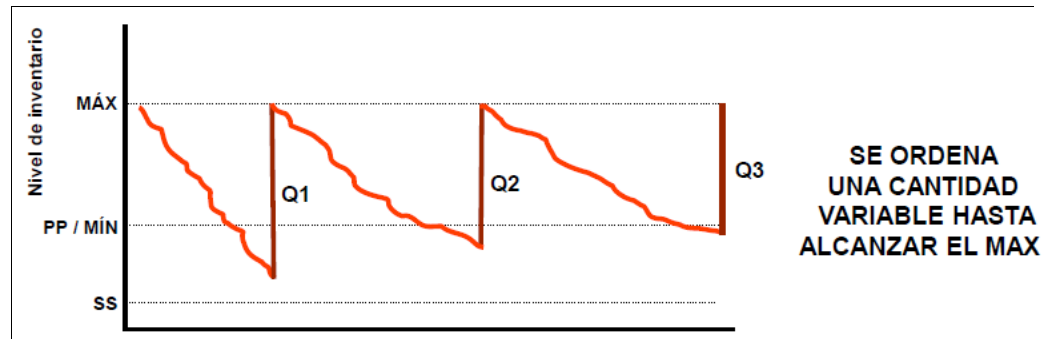


Figura 2.3. 1 Gráfico estrategia mínimos y máximos (Contreras, 2016)

2.2.8.2. Método Punto de Pedido/ Cantidad de Pedido

Se genera un pedido cuando el nivel de inventario llega o cae por debajo del nivel mínimo establecido, denominado Punto de Pedido (PP).

La Cantidad de Pedido (CP) es el número de unidades a pedir y su magnitud depende de algún criterio particular, como el EOQ (cantidad económica de pedido).

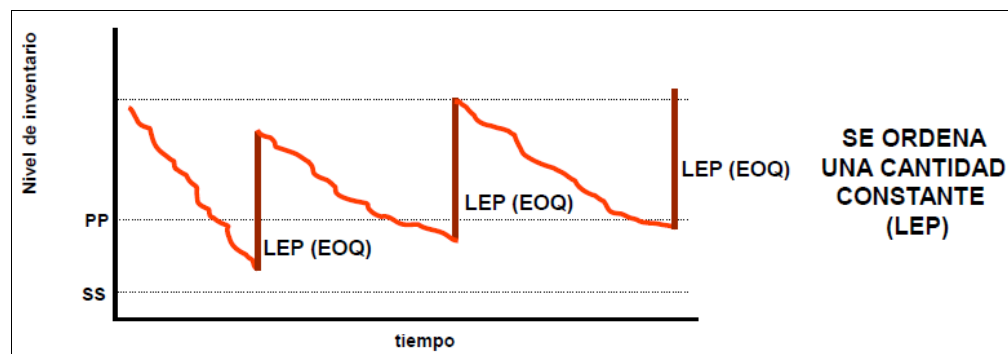


Figura 2.4. 1 Gráfico de cantidad de pedido (Contreras, 2016)

2.2.9. Rotura de Stock

La rotura de Stock ocurre cuando el nivel de inventario para un artículo llega a cero antes de que llegue la reposición. Puede darse por factores tales como un sobre consumo que agote las existencias o por

retrasos en los tiempos de llegada de las partes a la planta de producción.

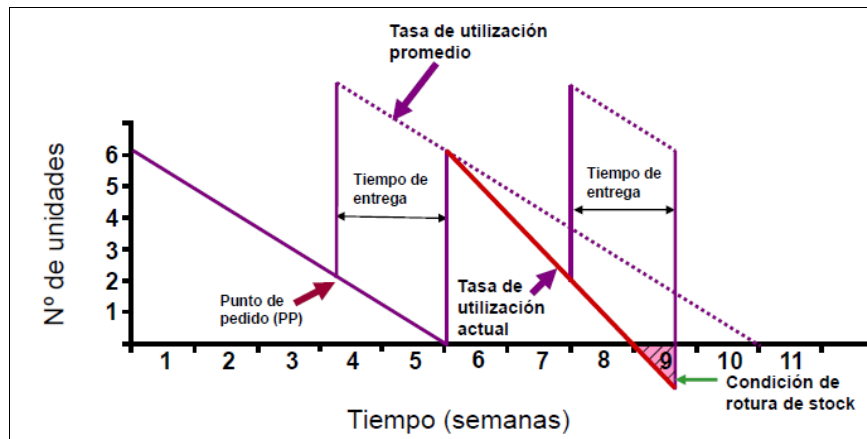


Figura 2.5. 1 Gráfico de Rotura de Stock (Contreras, 2016)

2.2.10. Demanda

En el manejo del inventario, es importante entender los distintos tipos de control de inventarios. En la figura se ve 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 que podrían estar presentes en las empresas (Chase et al, 2006)

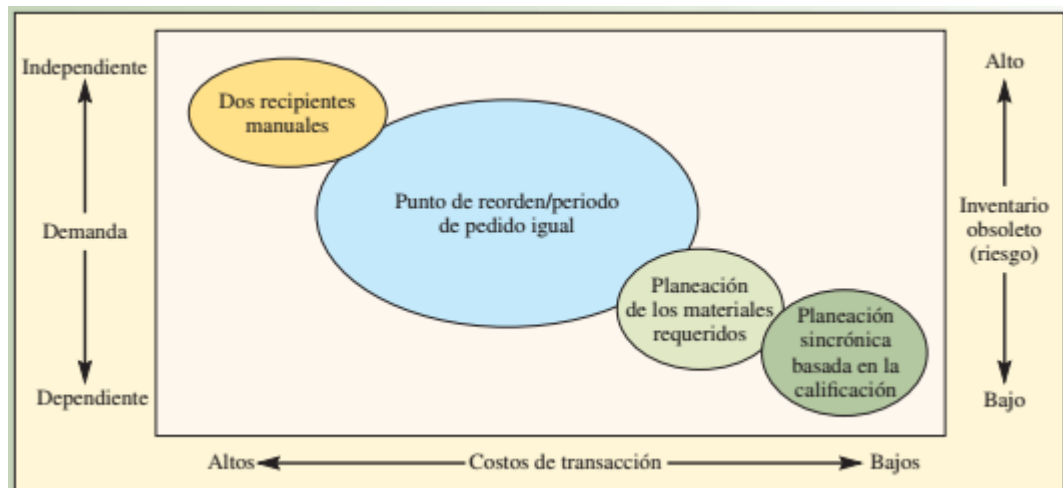


Figura 2.6. 1 Definición de demanda (Chase et al, 2006)

En cuanto a los componentes de un sistema de control de

inventarios, los sistemas manuales, por ejemplo, dependen de la participación del ser humano en la reposición de inventarios, con su respectiva desventaja en cuanto a posibles errores en comparación con el uso de una computadora para detectar automáticamente cuando es necesario pedir una pieza. Como una forma de reducir el costo de las transacciones, es común por ejemplo 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.

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 para describir esta característica. En pocas palabras, es la diferencia entre la demanda independiente y dependiente. En la demanda independiente, las demandas de varias piezas no están relacionadas entre sí. Por ejemplo, es probable que un centro de trabajo produzca muchas piezas que no estén relacionadas pero que cubran alguna necesidad de la demanda externa. En la demanda dependiente, la necesidad de cualquier pieza es un resultado directo de la necesidad de otra, casi siempre una pieza de nivel superior del que forma parte.

En teoría, la demanda dependiente es un problema de cálculo relativamente sencillo. Simplemente se calculan las cantidades necesarias de una pieza de demanda dependiente, con base en el

número necesario en cada pieza de nivel superior del que forma parte.

Para determinar las cantidades de piezas independientes que es necesario producir, las empresas casi siempre recurren a sus departamentos de ventas e investigación de mercados. Utilizan gran variedad de técnicas, entre las que se incluyen encuestas a los clientes, técnicas de pronóstico y tendencias económicas y sociológicas. Como la demanda independiente es incierta, es necesario manejar unidades adicionales en el inventario.

2.2.11. Manejo de inventarios

Un sistema de inventario es una estructura diseñada para controlar las existencias y determinar cuándo hacer los pedidos y la cantidad de los mismos de modo de asegurar la operación del negocio. (Guerrero, 2009).

Para sistemas donde la demanda no es constante, pero se tiene certeza del tiempo de entrega de las partes, como sucede con la mayoría de inventarios de repuestos, se puede determinar el siguiente procedimiento para su control.

2.1.11.1 Determinar la demanda promedio, generalmente por medio de históricos.

2.1.11.2 Determinar la demanda probable por medio de la tasa promedio de utilización mensual

$$Tasa\ Prom.\ Utilizacion\ Mensual = \frac{Numero\ de\ partes\ utilizadas}{Tiempo\ de\ análisis} \quad (1)$$

2.1.11.3 Se calcula la desviación absoluta por periodo que es una aproximación simple de la desviación estándar.

$$\text{Desviación absoluta} = \text{ABS}(\text{Demanda real mensual} - \text{tasa prom. utiliz. mensual}) \quad (2)$$

2.1.11.4 Calcular la Desviación Absoluta promedio

$$\text{Desviación absoluta promedio (DAP)} = \frac{\text{Suma desviaciones absolutas}}{\text{número de meses}} \quad (3)$$

2.1.11.5 Calcular el punto de Pedido

$$\text{Punto de Pedido} = \text{Stock mínimo} + \text{Stock de seguridad} \quad (4)$$

2.1.11.6 Establecer el stock de seguridad (Contreras, 2016)

$$\text{Cálculo tasa promedio utilización mensual} = \frac{\text{numero partes utilizadas}}{\text{tiempo de análisis}} \quad (5)$$

$$\text{Stock seguridad} = \text{Número DAP} * \frac{\text{Desviación absoluta mensual}}{\text{tasa promedio utilización mensual}} \quad (6)$$

$$\text{Stock Mínimo} = \text{Tiempo entrega promedio} * \text{tasa utilización promedio} \quad (7)$$

Considerando:

Tabla 2.4.

Nivel de confianza por DAP (Contreras, 2016)

Número de DAP	Nivel de confianza
0	50%
1	80%
2	95%
3	99%
4	99.9%
5	99.99%

Nota: DAP es la desviación absoluta promedio calculada previamente

2.1.11.7 Determinar los costos de pedidos

Donde:

Costo de colocar la compra CC. Se refiere al costo de poner las órdenes de compra y tener los repuestos disponibles, por lo general corresponde al costo de los empleados responsables de mantener el inventario.

$$\text{Costo de comprar: } \frac{\text{Costo por orden de compra}}{\text{Cantidad económica de pedido} * \text{Consumo anual}} \quad (8)$$

Costo de mantener CM. Corresponde a los costos acumulados desde que el artículo es colocado en la bodega, y contempla todos los gastos relacionados con bodegaje como alquileres, impuestos, seguros, etc.

$$\text{Costo de mantener: } \frac{\text{Cant.econom de pedido}}{2} * \text{Precio unitario} * \% \text{ costo bodegaje} \quad (9)$$

Donde el % de costo de bodegaje corresponde a un 15%.

2.1.11.8 Nivel de servicio. Se relaciona con el nivel de confianza establecido en el stock de seguridad y el punto de pedido, y determina la probabilidad de que un artículo caiga en rotura de stock.

$$\text{Nivel de Servicio} = \frac{100\% - (100\% - \text{nivel confianza}) * \text{Tiempo espera} * \# \text{ pedidos anuales}}{365 \text{ dias}} \quad (10)$$

2.1.11.9 Cálculo de cantidad económica por pedir. Es la cantidad de pedido para el cual el costo total es mínimo y por lo tanto es la cantidad óptima para compras futuras del artículo. Se utiliza la siguiente fórmula para su cálculo:

$$CEP = \frac{\sqrt{(2 * \text{Demanda} * CC)}}{\% \text{ bodegaje} * \text{Consumo}} \quad (11)$$

Donde: CC = costo de colocar la compra.

Para este indicador se tiene la hipótesis de que tanto la demanda como el plazo de entrega son conocidos y constantes. Para repuestos que se quiera reducir al máximo el inventario se usa este parámetro como referencia para los pedidos.

2.1.11.10 Pedidos anuales. Será el número de órdenes de compra anuales que se recomienda hacer basado en la cantidad económica por pedir

2.2.12. Gráfico de punto de Pedido

Según Cuatrecasas (2012), el gráfico de punto de pedido corresponde a la representación de los costos de mantener, de comprar y total junto con la cantidad económica de pedido.

Este costo total como ya se vio corresponde a la suma del costo de mantener y de comprar, y el objetivo del gráfico es ubicar su punto más bajo o valor mínimo.

Se observa que el valor mínimo del costo total corresponde con el punto de corte de los otros dos costos (CC y CM), el cual al proyectarlo sobre el eje X corresponde a la cantidad económica de pedido que se quiere conocer.

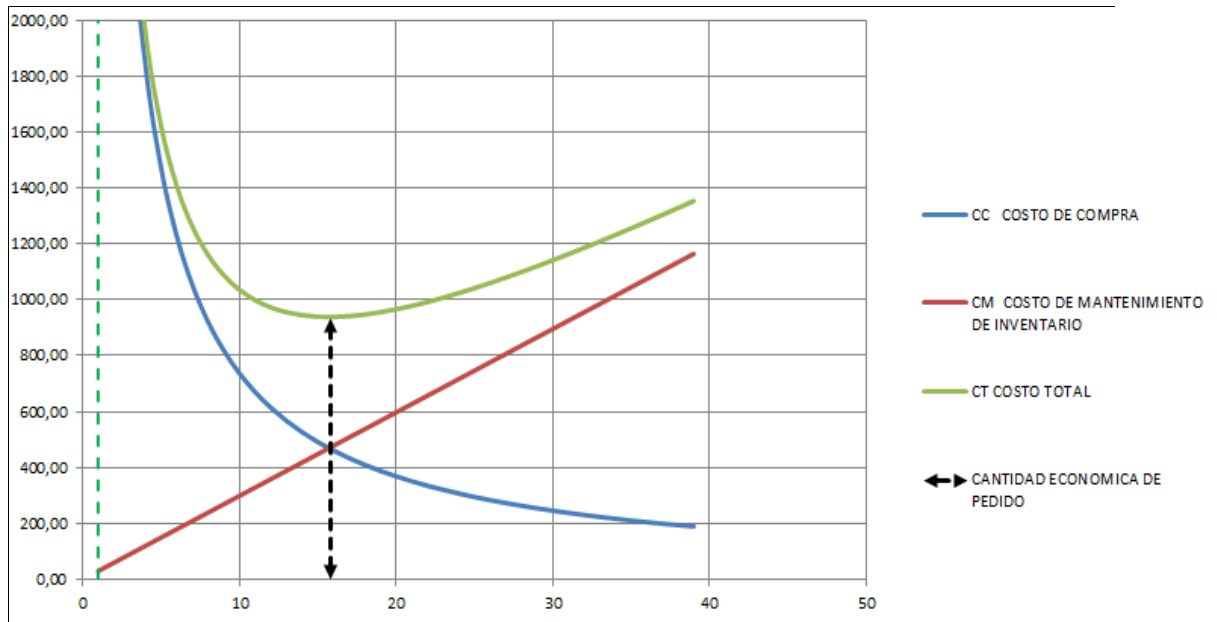


Figura 2.7. 1 Gráfico de Punto de Pedido (Autor)

2.2.13. Distribución Normal

La distribución normal es generalmente utilizada para describir el comportamiento aleatorio de muchos procesos y fenómenos reales (Ojeda, 2007).

Su función se puede definir como:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} * e^{-1/2((x-\mu)/\sigma)^2}, \quad -\infty < x < +\infty \quad (12)$$

La gráfica de f tiene forma de campana y es conocida también con el nombre de campana de Gauss; tiene las siguientes características:

- Es simétrica alrededor de μ
- Su asíntota es el eje horizontal.
- Sus puntos de inflexión están ubicados en $\mu-\sigma$ y $\mu+\sigma$.

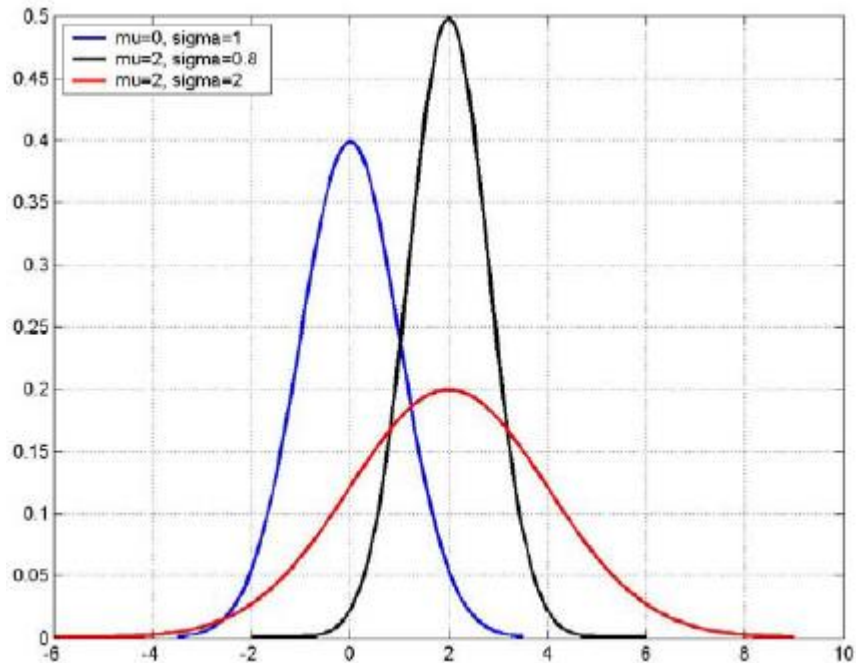


Figura 2.8. 1 Gráfico de la distribución normal para valores de μ y σ (Ojeda, 2007)

2.2.13.1. La distribución normal estándar

Se observó que no existe una sola distribución de probabilidad normal, sino una familia de ellas. Cada una de las distribuciones puede tener una media (μ) o una desviación estándar distinta (σ). Por tanto, el número de distribuciones normales es ilimitado y sería imposible proporcionar una tabla de probabilidades para cada combinación de μ y σ .

Para resolver este problema, se utiliza un solo miembro de la familia de distribuciones normales, aquella cuya media es 0 y desviación estándar 1 que es la que se conoce como distribución estándar normal, de forma que todas las distribuciones normales pueden convertirse a la estándar, restando la media de cada observación y dividiendo por la desviación estándar.

Se debe convertir la distribución real en una distribución normal estándar al utilizar un valor llamado Z, o estadístico Z que será la distancia entre un valor seleccionado, designado X, y la

media μ , dividida por la desviación estándar σ .

$$\text{Formalmente, si } X \sim N(\mu, \sigma), \text{ entonces } Z = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad (13)$$

Donde $Z = X$ se distribuye según una normal de media 0 y desviación estándar 1, i.e.: $Z \sim N(0,1)$, que es la distribución llamada normal estándar o tipificada.

De esta manera, un valor Z mide la distancia entre un valor especificado de X y la media aritmética, en las unidades de la desviación estándar. Al determinar el valor de la variable aleatoria Z al utilizar la expresión anterior, es posible encontrar el área de probabilidad bajo cualquier curva normal al hacer referencia a la distribución normal estándar en las tablas correspondientes. Dichas tablas entregan el valor del área encerrada por $f(x)$ entre $-\infty$ y c e igualmente pueden obtenerse los mismos valores con programas tales como Microsoft Excel.

3. CAPÍTULO III: MARCO DE ASPECTOS METODOLÓGICOS

En este capítulo se presentará y revisará el tipo de investigación que se plantea al considerar el objetivo principal establecido: Diseñar un plan de manejo de inventarios para determinar el nivel óptimo de existencias de repuestos críticos seleccionados identificados como clase A en la bodega, para el mantenimiento del costo el inventario al mínimo, para el primer cuarto del 2017.

Se detalla igualmente la forma de recolectar los datos necesarios para plantear el desarrollo y por tanto la propuesta del plan.

3.1. Tipo de investigación

3.1.1. Definición

De acuerdo con el Equipo de redacción, Revista educativa MasTiposde.com (2016) la investigación científica tiene como objetivo buscar y crear nuevos conocimientos, indagar con profundidad las creencias y criterios que se tienen del tema de modo de poder encontrar las causas del problema y por lo tanto poder crear soluciones prácticas para atacarlo.

En cuanto a los elementos de la investigación se tienen: el medio, que se refiere a las técnicas para elaborar la investigación que para el caso actual se refiere a todo el análisis que se debe hacer de los datos disponibles de consumo de repuestos. El objeto de la investigación que en este caso es el inventario total de repuestos de la planta; y la finalidad que son las razones por las que se lleva a cabo la investigación que en este caso es la falta de una metodología que permita una adecuada gestión de repuestos lo cual está costando una importante cantidad de recursos a la empresa.

En cuanto al tipo de investigación si se toma en cuenta los objetivos planteados se está planteando una investigación aplicada, en la cual se van consiguiendo avances basados en la observación y análisis de datos existentes guiados por un marco teórico.

Basado en la naturaleza de los datos se tiene una investigación cuantitativa experimental en donde se tomarán decisiones basadas en la

información disponible y el conocimiento derivado del análisis de los mismos. Es a la vez exploratoria debido a que al no tener información suficiente de otros estudios referentes a optimización de inventarios de repuestos se debe ir conociendo y entendiendo el tema durante el transcurso de la investigación. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014) va dirigida a responder por la causa del problema entendiendo en qué condiciones se manifiesta. Debido a que tiene una estructura bien definida, proporcionan un mejor entendimiento del problema que se plantea (pag. 96).

3.1.2. Justificación

Para la presente investigación como ya se señaló no se tiene mucha información disponible de cómo tratar el tema de los repuestos de equipos de producción industrial, lo cual supone que si bien es cierto se tiene una idea inicial del problema y el resultado final, se va a ir descubriendo la forma durante el desarrollo de la investigación, de poder ir validando esas creencias e ideas iniciales de modo de poder llegar a resolver el problema.

Se pretende por tanto observar los hechos tal como se dan con la información histórica disponible y con base en esas observaciones llevar a cabo los análisis. Se analizarán de acuerdo a Contreras (2016) factores como criticidad, consumos, y estimados de valores recomendados de existencias como parte de los datos a recolectar para su posterior análisis. Asimismo, permitirá responder los cuestionamientos planteados inicialmente de modo de poder proponer soluciones y recomendaciones y poder dar conclusiones que agregue valor a la optimización final.

Luego de dadas las condiciones se puede definir además, la investigación como secuencial debido a que básicamente se requiere en primer lugar conocer el estado real del inventario, para luego poder analizar la criticidad de los repuestos que más aportan al gasto, y poder así proponer un plan optimizado de repuestos críticos donde se pueda

en este momento medir el monto de ahorro derivado del análisis.

De acuerdo con Omar (2015), el conocimiento es un organismo que tiene vida propia, el cual va cambiando de acuerdo con las experiencias que se van teniendo en determinado campo llevando al individuo de un estado inicial a uno final más completo en cuanto a conocimiento o comprensión del tema en estudio. Es así como en el caso del tema en investigación como se mencionó anteriormente, al no tener conocimiento suficiente es que se debe empezar a considerar el paradigma como ese estado inicial que se tiene en cuanto a la referencia al tema.

En este caso el paradigma se refiere a conocer el nivel óptimo de repuestos en la planta de modo de estar cubiertos ante la mayor cantidad posible de paros no programados por falta de algún repuesto, a un costo mínimo para la empresa. Si bien es cierto al día de hoy no ha sido posible controlar el inventario de repuestos como si se hace con materias primas, se supone que aplicar un análisis ingenieril de clasificación y priorización de unidades de repuestos van a traer como beneficio el conocer ese nivel que se anda buscando.

Samaja (2010) expresa “que un conocimiento que egresa del proceso de investigación, inmediatamente se transforma en condiciones de investigación para nuevos procesos, y si no es incorporado se vuelve alimento de roedores e insectos y no un hecho de la cultura científica” (p. 47). Por tal motivo, los nuevos conocimientos que se puedan adquirir del tema de inventarios, abre nuevas preguntas que tal vez al día de hoy no han sido planteadas por falta de ese conocimiento. El ir investigando del tema e ir ejecutando las actividades propuestas va a abrir un panorama de opciones al investigador de modo de ayudarlo a resolver el problema.

En este caso es un paradigma positivista, ya que se asume que el problema es una realidad dada que puede ser descubierta por el investigador de modo que pueda entenderla, para luego poder proponer

soluciones efectivas al problema. De acuerdo con Dobles, Zúñiga y García (1998), es labor del investigador encontrar el método adecuado y válido para descubrir esa realidad.

Según Meza (2003) existen características del positivismo que se pueden asociar al problema a tratarse en la investigación, por ejemplo asume que existe un método específico mediante el cual el sujeto puede acceder a conocer de manera absoluta al objeto de conocimiento, supone también que el sujeto de la investigación es un ser capaz de despojarse de sus sentimientos, emociones, subjetividad, de tal forma que puede estudiar el objeto, la realidad social y humana “desde afuera”. El positivismo supone que el investigador puede ubicarse en una posición neutral y que sus valores no influyen en los resultados de su investigación.

El enfoque positivista pretende el establecimiento de leyes generales con el fin de predecir y controlar, construidas por el investigador por medio de experiencias previas, sus creencias, valores, temores, preferencias, intereses, etc., así como la preparación que tenga acerca del instrumento que utiliza para conocer.

Importante señalar que el conocimiento, desde el punto de vista positivista es continuo y progresivo, no finaliza en un punto dado por lo que se puede decir que debe estar en constante evolución; de ahí la propuesta de establecer una metodología de revisión periódica de resultados como método de evaluación y de retroalimentación.

En cuanto al criterio epistémico, según Garay (1998) el contenido proposicional se atribuye a las creencias del investigador las cuales deben ser evaluadas para aceptarlas o rechazarlas de acuerdo con los datos disponibles. No existe relación entre el investigador y el tema ya que basado en los datos que se tienen y se van a recabar durante la investigación, se va a ir describiendo el problema y la posible solución para poder llegar el nivel óptimo de repuestos que es lo que se busca. Por ejemplo, en este momento de conocer que con el nivel actual de

inventario se han reducido los paros no programados por motivo de falta de repuestos, sin embargo una hipótesis que se tiene es que existen repuestos de alto valor que pueden tenerse en la bodega en una cantidad menor a la actual. Esto es una creencia que solo los datos históricos y el análisis que se haga de esos repuestos en específico van a aprobar o rechazar el planteamiento.

3.2. Sujetos y fuentes de información

En cuanto a los participantes, será necesaria la interacción y el trabajo en grupo para el análisis de los datos con los ingenieros de mantenimiento de las diferentes áreas de la empresa, así como con los técnicos de mantenimiento quienes son los responsables de manejar el inventario de repuestos y registran todos los egresos de partes de la bodega.

Adicionalmente, se debe contar con la participación del comprador de repuestos quien es el responsable de velar por el correcto abastecimiento de las partes conforme se consumen, además de tratar con los proveedores el tema de tiempos de entrega, órdenes de compras, actualización de precios, equivalentes obsoletos entre otras labores importantes para el proceso.

En un rol secundario de interacción se encuentran las gerencias del departamento y generales a las cuales se les va a reportar los avances y solicitud de ayudas si corresponde.

3.3. Definición, conceptual, instrumental y operacional de variables

La parte de variables, definición conceptual, operacional e instrumentos se describe en la tabla 3.1.

Fuentes de información de la investigación

Objetivos	VARIABLES (implícita en el objetivo)	Definición conceptual	Definición operacional (criterios de medición)	Definición instrumental
Realizar análisis del proceso actual de manejo del inventario de repuestos	Conocimiento de situación inicial	Realizar un diagnóstico del procedimiento actual en cuanto a la forma de clasificación, criticidad y manejo de las existencias	Elaboración de estado inicial de la situación del inventario	Análisis de contenido Análisis estadístico
Realizar una clasificación de las unidades del inventario para poder determinar las unidades críticas en la gestión del inventario	Clasificación de los repuestos identificados	Definir una lista de repuestos de mayor impacto al inventario de modo de poder priorizar a la hora del análisis e implementación de acuerdo con las metodologías ABC y XYZ	Clasificación del 100% de las partes consideradas dentro del alcance de la investigación.	Análisis de datos históricos de consumo Clasificación de repuestos por Pareto Análisis estadístico
Efectuar un análisis de demanda para las partes críticas identificadas previamente.	Análisis del comportamiento de la demanda por parte.	Estimación de los valores de demanda para las partes seleccionadas luego de la clasificación	Determinación del 100% de las demandas históricas para los elementos seleccionados	Análisis estadístico de datos/ resultados Matriz de datos numéricos Análisis de datos históricos de consumo.
Hacer el análisis de criticidad para determinar las partes que tengan mayor impacto en el costo.	Clasificación de las partes de acuerdo con los criterios definidos de asignación de criticidad	Una vez planteada la clasificación de las partes, someter cada repuesto a los criterios de criticidad de modo de obtener una lista final con los valores obtenidos para cada uno	Conformación de una lista ordenada por criticidad luego del análisis de cada uno	Matriz de datos numéricos Análisis de contenido
Desarrollar la propuesta de las mejoras para la optimización del inventario	Desarrollo de propuesta de optimización de inventario	Para los repuestos seleccionados, hacer el análisis de las variables consideradas dentro del control del inventario con los valores recomendados	Definición de los valores recomendados de las variables por considerar en el sistema de inventarios	Análisis estadístico de datos/ resultados Matriz de datos numéricos Análisis de contenido
Proponer un plan de implementación para el manejo óptimo del inventario.	Extender la propuesta a todo el inventario	Plantear un plan de como extrapolar el análisis hecho para las partes seleccionadas al resto de partes del inventario	Presentación de un plan de implementación propuesto	Matriz de datos numéricos Análisis de contenido

3.4. Población

Para la presente investigación se toma como población el inventario de repuestos para equipos de producción de la planta, para todas las áreas. Todo lo que son inventarios de materias primas o productos, incluso equipos de producción en redundancia o listos para ser usados en producción quedarán fuera de la población del análisis.

3.4.1. Muestra

Se tomará como muestra primero el total de unidades del inventario que en el momento del análisis son casi 9000. Con esta lista total se iniciará el análisis de clasificación de partes por criticidad y costo como punto de partida de la investigación.

Con este total de partes se procederá a hacer la correspondiente clasificación ABC, XYZ (Castro y Vélez, 2011) como primer punto de segregación de la información. Posteriormente se procederá a hacer los análisis de criticidad para los repuestos que sean más críticos de acuerdo con la clasificación, de modo de poder priorizar las unidades de más impacto en el costo del grupo total de repuestos. De acuerdo con el principio de Pareto, este grupo final de análisis corresponderá a un 20% del total de los cuales se tomarán los 6 primeros repuestos de la lista.

3.5. Tratamiento de la información

Se propone tabular el total de repuestos en una tabla de Excel con toda la información disponible incluye el precio de modo de poder realizar el análisis de clasificación ABC y XYZ.

Teniendo los repuestos clasificados, se podrá escoger los seis repuestos críticos a los cuales se les va a hacer el análisis de la situación actual y comportamiento histórico del nivel de inventario; posteriormente se analizarán los datos y se aplicarán los conceptos ya descritos en el marco teórico de modo de poder plantear la propuesta de los nuevos valores por ser

considerados.

4. CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el presente capítulo se pretende hacer un análisis de los datos disponibles de modo poder conocer la situación actual del tema de inventarios de repuestos; el objetivo es poder presentar, para el grupo de repuestos críticos elegidos, datos como clasificación, criticidad e histórico de consumo de modo de poder tener evidencia de la situación real y con base en estos datos poder hacer la propuesta de optimización.

4.1. Datos de Inventario

Para poder iniciar el análisis de la situación actual, será necesario determinar el tamaño del inventario total, para este propósito se tiene que el total de piezas de inventario es de 8398. Esta cantidad corresponde a un total de \$5.200.110 invertidos en este momento.

El tipo de inventario es de tipo consumible, en donde son partes que no forman parte de los productos de la empresa pero ayudan a completar la producción. De hecho una característica de este tipo de inventario es que pueden haber partes de no roten en el inventario así como hay otras que roten de manera más constante.

Las partes que no rotan pueden ser un problema como ya se vio al ser un costo oculto que se tiene por el costo de mantener todas esas partes, que en este caso corresponde a un total de 7126 partes al considerar un periodo de no movimiento de 2 años). Esta situación corresponde a un total de \$3.096.696 en costo de partes que no tienen movimiento en el periodo analizado.

4.2. Diagramas de flujo del proceso

En la actualidad se tienen de forma general dos procesos que tienen que ver con el tema de repuestos; por un lado, está el proceso de inclusión de repuestos y por otra parte está el proceso normal de reabastecimiento de repuestos.

Para la parte de inclusión de nuevas partes el proceso se describe según el siguiente flujo:

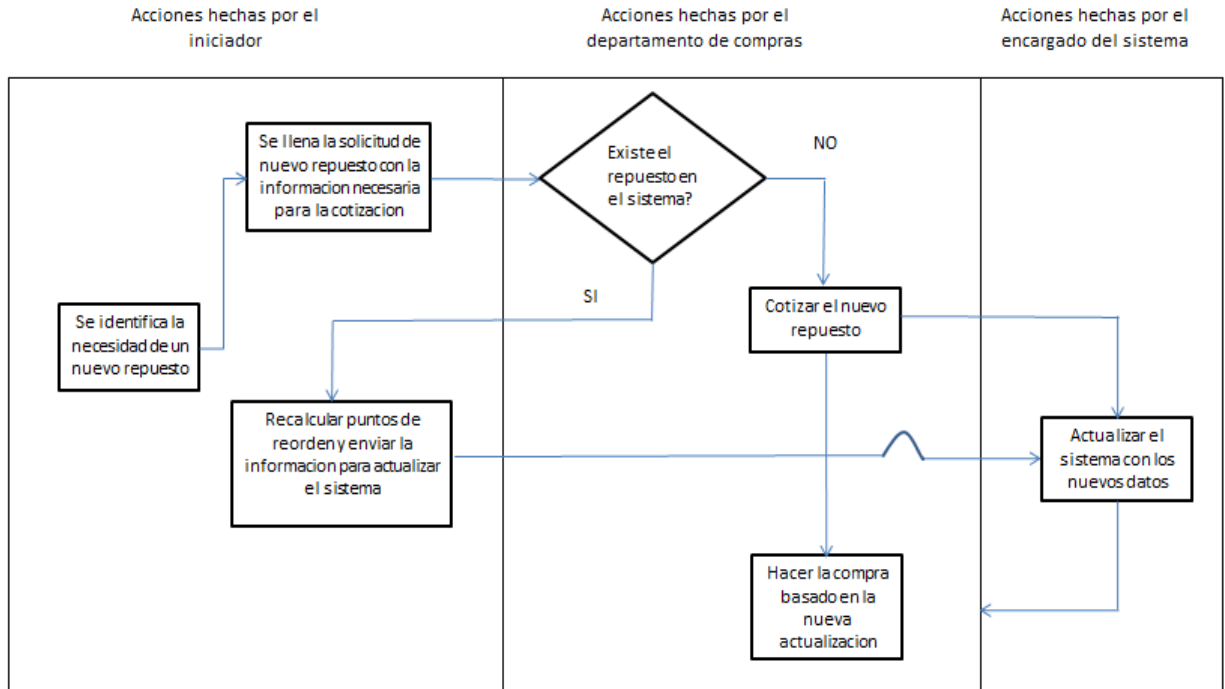


Figura 4.1. 1 Diagrama de flujo inclusión de Repuestos (Autor)

El proceso inicia cuando el encargado de mantenimiento identifica una necesidad de un repuesto que no está en el sistema, ya sea porque no se vio antes, porque se instaló un nuevo equipo o porque se va a usar en otra área de la planta por ejemplo.

Paso siguiente es llenar el formulario de solicitud de nuevos repuestos, el cual es revisado por el departamento de compras dueño de la base de datos, ya que puede que el repuesto ya exista con otro número. Si el repuesto no existe entonces se envía a cotizar con los diferentes vendedores de partes y luego de hacer la inclusión se hace la compra normal.

Si la parte ya existe, entonces se debe actualizar la información, ya sea aumentar su punto de reorden, actualizar números de parte, etc., de modo que la próxima compra abarque la nueva necesidad que se identificó con este repuesto.

Una vez incluido el repuesto, el proceso normal de abastecimiento sería el siguiente:

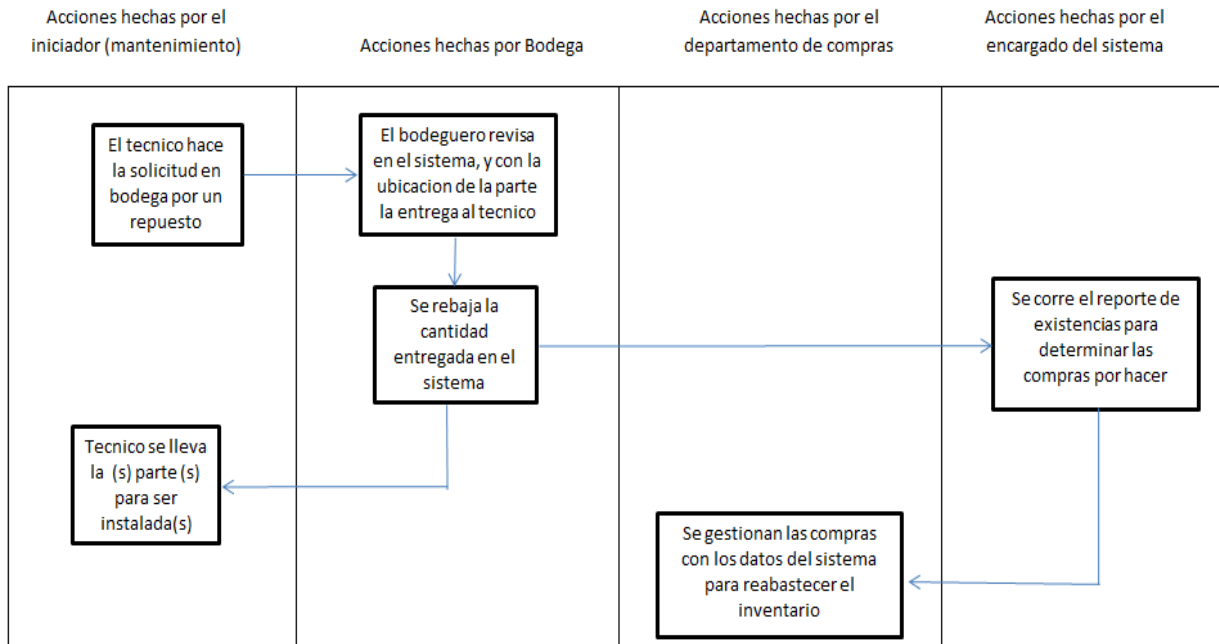


Figura 4.2. 1 Diagrama de flujo abastecimiento de repuestos (Autor)

El proceso regular de requisición de repuestos inicia cuando el técnico hace una solicitud a la bodega; luego de esto el bodeguero busca las partes y luego de ubicarlas físicamente las entregas al técnico y las rebajas del sistema.

El encargado del sistema semanalmente corre un reporte de existencias y para las partes que están por debajo del punto de reorden se procede a hacer una lista, la cual es enviada al departamento de compras para su cotización y compra bajo condiciones normales. De ahí la importancia de que los puntos de reorden estén bien calculados

4.3. Análisis causa efecto

La alerta de la necesidad de un repuesto se da por parte generalmente de los técnicos del área, la cual es causada en la mayoría de los casos por los siguientes eventos:

- El equipo necesita ser reparado y no se tiene el repuesto.
- El fabricante de una parte avisa que no la va a fabricar más.
- Se instala un nuevo equipo que necesita tener su stock de

repuestos.

La cantidad por comprar y la cantidad mínima que se va a mantener en el sistema las da el encargado de mantenimiento del área que corresponda.

La mayoría de las ocasiones este pedido se hace pensando en no tener cortos de la parte sin importar el costo, por lo que no hay ninguna estrategia o metodología definida para calcular las cantidades correctas.

En cuanto al inventario actual, no se tiene tampoco una tarea que regularmente analice las partes para definir cuáles repuestos no hay tenido rotación y hacer un análisis del porqué; si es por obsolescencia del repuesto, o si el equipo al que está asignado ya no está dentro de las áreas de producción, por citar dos ejemplos.

Se han visto partes que tienen hasta 5 años sin movimiento y sin embargo siguen formando parte del inventario almacenado al día de hoy.

La problemática del departamento puede resumirse mediante el diagrama de Ishikawa, de modo de poder también el problema a atacar.

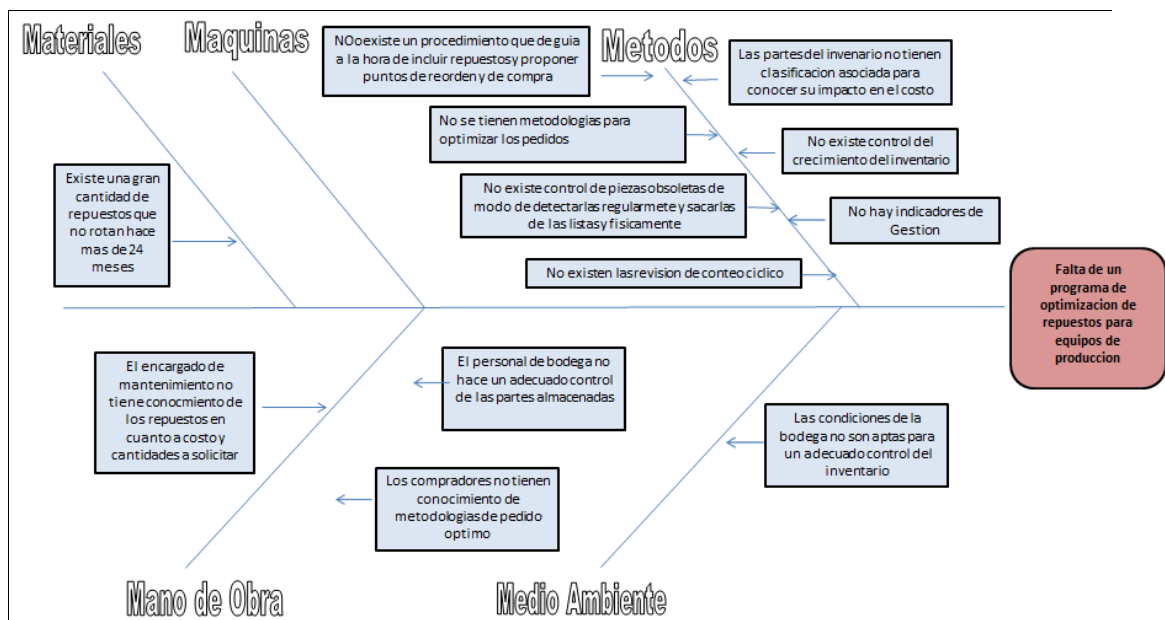


Figura 4.3. 1 Diagrama Causa-Efecto (Autor)

Una vez identificadas las causas probables que contribuyen a la creación del problema, se procede a descartar o confirmar cada una de ellas.

El problema se ha definido en el diagrama como la falta de un programa de optimización de repuestos para los equipos de producción.

En la tabla a continuación se describe cada causa y se explica si dicha causa contribuye al problema y cómo se justifica. Se van a tener dos opciones para cada causa probable; que contribuya al problema identificado o que no contribuya.

Tabla 4.1. 1

Explicación de causas encontradas (Autor).

Causa Mayor	Causa probable	¿Contribuye al problema?	Justificación para descartar/ Aceptar
Mano de obra	El encargado de mantenimiento no tiene conocimiento de los repuestos en cuanto a costo y cantidades por solicitar	Si contribuye al no tener una metodología de optimización para hacer las solicitudes.	El encargado de mantenimiento hace las solicitudes por recomendación del fabricante de los equipos, o asumiendo una cantidad que evite problemas de paros de equipos
	Los compradores no tienen conocimiento de metodologías de pedido óptimo	Si contribuye ya que se recurre a compras grandes para tener siempre inventario disponible.	Por lo general se trata de hacer compras grandes sin contemplar cantidades optimizadas para mejorar costos. El comprador recibe el dato directo de mantenimiento en cuanto al mínimo stock por manejar
	El personal de bodega no hace un adecuado control de las partes almacenadas	No contribuye ya que ellos solamente manejan la cantidad de partes que compras envía.	Por cuanto no existen procedimientos para control de partes, el personal de bodega no tiene como mejorar el manejo de la lista de partes que tienen en custodia
Máquinas	N/A	N/A	N/A
	No existe un procedimiento que dé guía a la hora de incluir repuestos y proponer puntos de reorden y de compra	Sí contribuye al no tener una metodología estándar de control y manejo	No existe una guía para las personas que trabajan actualmente ni mucho menos para nuevos empleados en cuanto a la forma óptima de manejar partes. Por tanto cada quien hace los pedidos a como lo considere correcto
	No se tienen metodologías para optimizar los pedidos	Sí contribuye ya que no existe una forma ingenieril de poder determinar cantidades por pedir y mantener	Los pedidos se hacen por recomendaciones de terceros o para cubrir el área ante un corto de repuestos, de modo de siempre tener presentes; esto sin importar el costo.

Causa Mayor	Causa probable	¿Contribuye al problema?	Justificación para descartar/ Aceptar
Método	No existe control de piezas obsoletas de modo de detectarlas regularmente y sacarlas de las listas y físicamente	Sí contribuye ya que estas piezas aumentan el valor del inventario y el costo de mantener estas piezas	No se tiene control de piezas que dejan de ser fabricadas. Si se tiene un reemplazo se incluye en el sistema pero no se toman medidas con las partes que se están actualizando haciendo que las partes queden en el sistema y en los estantes de la bodega haciendo crecer el gasto para la empresa.
	No existen las revisiones de conteo cíclico	Sí contribuye al no tener revisiones periódicas de partes físicas vs partes en el sistema	El conteo cíclico debe ser parte de todo programa de inventarios al permitir actualizar y ajustar el inventario actual vs el inventario en el sistema, de modo de poder conocer realmente el costo del inventario en periodos establecidos de tiempo
	No hay indicadores de Gestión	Sí contribuye al no poder medir mejoras	Al no tener muchas prácticas comunes de manejo de repuestos no se tiene conocimiento real de la problemática en cuanto a costos se refiere. Con indicadores se podrá medir constantemente si el sistema propuesto está cumpliendo su objetivo, y además en qué medida lo hace
	No existe control del crecimiento del inventario	Sí contribuye al ser un costo oculto que necesita hacerse visible	Al no tener conteos cíclicos, control de obsoletos, ni control en el número de piezas por pedir, se va a tener por tanto un vacío en cuanto al tema de valor de inventario vs la demanda de producción que se tenga en determinado momento, o vs un presupuesto previamente establecido.
	Las partes del inventario no tienen clasificación asociada para conocer su impacto en el costo	Sí contribuye al no conocer qué partes tienen mayor impacto	Conocer la clasificación de las partes hará que se puedan tomar las partes que más contribuyen al costo y a la criticidad para poder establecer planes de mejora para las mismas, de modo de obtener más beneficios que si se analizan partes de una clasificación baja. Esto al considerar básicamente el tema de recursos disponibles para el estudio y la implementación de las mejoras.
Materiales	Existe una gran cantidad de repuestos que no rotan desde hace más de 24 meses	Sí contribuye puesto que son partes que ocupan espacio y generan costo	Esta causa es una consecuencia de la falta de un programa de manejo, esta gran cantidad de partes sin movimiento generan gasto las cuales se seguirán acumulando hasta no hacer una revisión periódica.
Medio Ambiente	Las condiciones de la bodega no son aptas para un adecuado control del inventario	No contribuye	La bodega tiene las condiciones necesarias para un adecuado control. El espacio disponible es el adecuado y el recurso para el manejo también está disponible

4.4. Clasificación ABC y XYZ

El primer paso para la obtención de resultados para el análisis es la conformación de la lista total de partes ingresadas en el sistema para todas las áreas de la planta, de modo de poder tener los datos necesarios para iniciar la clasificación ABC y XYZ.

Se tienen un total de 8398 repuestos en la lista, el primer paso del análisis es determinar cuáles son los que han tenido movimiento en el periodo elegido para el análisis que corresponde a los años 2015 y 2016. Los repuestos que no han tenido movimiento no formarán parte del análisis de criticidad; para estos repuestos deberá hacerse un análisis por aparte para determinar la causa de la no actividad la cual puede tener las siguientes causas:

- Los equipos a los que están asignados ya no están produciendo en la planta
- La implementación de algún proyecto de mejora hiciera que el consumo se redujera a cero en el periodo analizado.
- El repuesto está obsoleto y ya se cuenta con un reemplazo.

Hay un grupo adicional de 2220 partes que no tienen precio asignado en el sistema, los cuales deben ser también excluidos del análisis ya que al no tener precio no pueden ser clasificados para obtener su criticidad. Estos elementos representan un problema ya que cuando son consumidos el sistema va a registrar una pérdida equivalente al valor real del artículo, que se va a ver reflejado en el balance mensual de pérdidas y ganancias de las áreas en las cuales se usan.

Al considerar los puntos anteriores, finalmente quedan las partes que han tenido algún movimiento en este periodo formando una lista de 1272 partes las cuales son las que formarán parte del análisis inicial.

La clasificación ABC se generará de multiplicar el costo del artículo por el consumo registrado para los últimos 2 años, al quedar de la siguiente forma:

Repuestos clase A: 20

Repuestos clase B: 110

Repuestos clase C: 1142

Clasificación hecha utilizando el principio de Pareto descrito en el Capítulo II.

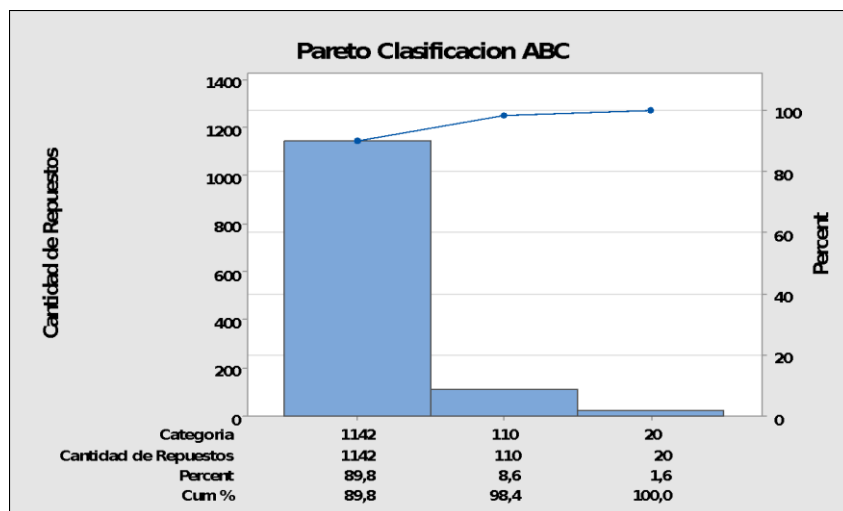


Figura 4.4. 1 Diagrama Pareto para clasificación de partes ABC (Autor)

Tabla 4.2. 1

Clasificación ABC (Autor)

Descripción del Material	Valor de uso	Valor uso acumulado	% Valor de uso acumulado
BOQUILLA 0.090 SPARK TESTER 1398940-4	\$ 150.530,94	\$ 150.530,94	7%
BOQUILLA MOLDE PICK HEAD 0.080 1398940	\$ 148.141,56	\$ 298.672,50	14%
FLANGE CROSS EXTRUDER 20938	\$ 92.815,00	\$ 391.487,50	19%
UNA PARA CHUCK 70702	\$ 89.658,72	\$ 481.146,22	23%
DIE 0.11 91071697-PAG01	\$ 79.343,50	\$ 560.489,72	27%
CHUCK DELANTERO SIN HULE 70020	\$ 74.944,98	\$ 635.434,70	30%

Nota: Las descripciones de los materiales son los nombres propios de los repuestos tal como se ingresaron al sistema de control de inventarios. Estos serán los nombres usados para describir los repuestos por analizar en el resto de la investigación.

Para efectos de la aplicación de la teoría y análisis se van a seleccionar las 6 partes clase A con mayor valor de uso con un valor acumulado de \$635.443,70 equivalente al 30% del valor de uso. Debido al monto que representan, que las mejoras establecidas a este grupo de partes van a tener un mayor impacto de mejora en el sistema general de repuestos

En cuanto al análisis XYZ, donde se considera el costo de las partes se obtuvo la siguiente distribución:

Repuestos clase X: 130

Repuestos clase Y: 285

Repuestos clase Z: 857

Se diferencia del análisis ABC en que solo considera el valor de los repuestos en lugar de su uso o consumo, por lo que su objetivo será dar visibilidad a las partes de costo más elevado para tomar acciones en su reducción de ser posible.

Las 10 primeras partes del análisis son las siguientes, las cuales representan en 12.04% del valor total del inventario con valor acumulado de \$625.082,85

Tabla 4.3. 1

Clasificación XYZ (Autor)

Descripción del material	Valor en existencia	Valor Acumulado	% valor acumulado
CARBIDE BLADES (CUCHILLAS CARBURO) C200	\$ 47.842,56	\$ 47.842,56	0,92%
BOQUILLA 0.090 SPARK TESTER 1398940-4	\$ 34.646,01	\$ 82.488,57	1,59%
806-00011 LIGHTGUIDE, FIBER 5MMX1000MM	\$ 32.140,80	\$ 181.959,37	3,50%
BOQUILLA MOLDE PICK HEAD 0.080 1398940	\$ 31.061,94	\$ 213.021,31	4,10%
FISHWIRE DW06390	\$ 23.800,00	\$ 318.345,05	6,13%
CHUCK TRASERO 0006204	\$ 18.186,96	\$ 440.170,10	8,47%
DRIVE ROLLER 7350205-1	\$ 15.985,00	\$ 506.312,25	9,75%
UNA PARA CHUCK 70702	\$ 15.200,76	\$ 568.426,49	10,94%
BODY (RETRABAJADOS) 71801001	\$ 14.639,38	\$ 583.065,87	11,23%
COUPLING 0.25 X 0.25	\$ 13.380,00	\$ 625.082,85	12,04%

4.5. Análisis de criticidad

Una vez hecha la clasificación inicial, se tiene el análisis de criticidad para las partes de mayor impacto (Clase A):

Tabla 4.4. 1

Análisis de Criticidad (Autor)

Material Descripción	Tiempo entrega	Pérdida Producción	Criticidad	Código valor-Criticidad
BOQUILLA 0.090 SPARK TESTER 1398940-4	3	3	3	3X
BOQUILLA MOLDE PICK HEAD 0.080 1398940	2	3	3	3X
UNA PARA CHUCK 70702	2	3	3	3X
CHUCK DELANTERO SIN HULE 70020	3	2	3	3X
DIE 0.11 91071697-PAG01	3	3	3	3X
FLANGE CROSS EXTRUDER 20938	3	3	3	3X

Para el caso de la tabla anterior, se hizo el análisis del impacto de cada uno de los repuestos de la lista en dos puntos específicos: impacto a la producción (si detiene el proceso o si no tiene impacto en el mismo en caso de faltar, e impacto en el tiempo de entrega (si tiene largo tiempo de entrega será más crítico tenerlo disponible).

Luego del análisis, todos los repuestos seleccionados para el análisis quedaron clasificados como clase X, según queda registrado en la columna de código valor- criticidad con todas las partes marcadas como color rojo.

4.6. Análisis demandas

Para los repuestos seleccionados se verá a continuación el comportamiento histórico de consumo-reposición como parte del análisis de la situación actual.

a. Análisis de Demanda para el repuesto “BOQUILLA 0.090 SPARK TESTER 1398940-4”

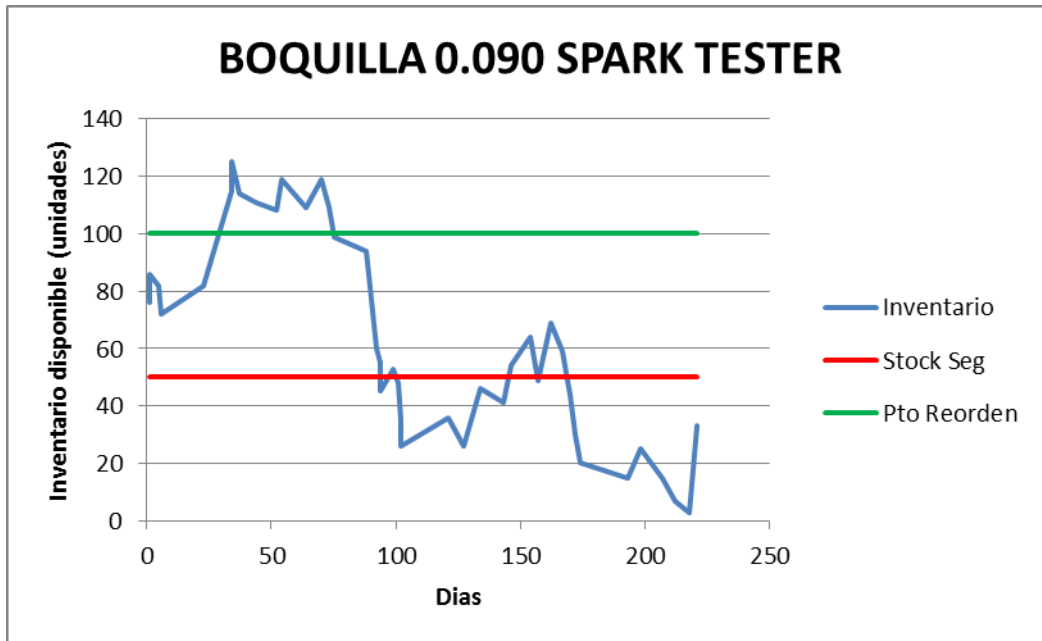


Figura 4.5. 1 Demanda BOQUILLA 0.090 SPARK TESTER 1398940-4 (Autor)

Para el caso de la boquilla de spark tester, se analizó un periodo de 220 días para analizar el comportamiento de consumo y suministro del repuesto.

La tendencia del stock del repuesto ha sido a la baja en todo el periodo considerado. Al inicio se hicieron pedidos en los que incluso se superó el punto de reorden sin embargo el inventario fue bajando al punto de bajar el punto de stock de seguridad y manteniendo esa condición por más de 30 días. Incluso estuvo a punto de quedar en cero en el momento que entró un pedido durante la última parte del periodo analizado.

De los datos se tiene que los pedidos hechos presentan un tiempo de entrega promedio de $221 \text{ días} / 16 \text{ pedidos} = 14 \text{ días}$

b. Análisis de Demanda para el repuesto “BOQUILLA MOLDE PICK HEAD 0.080 1398940”

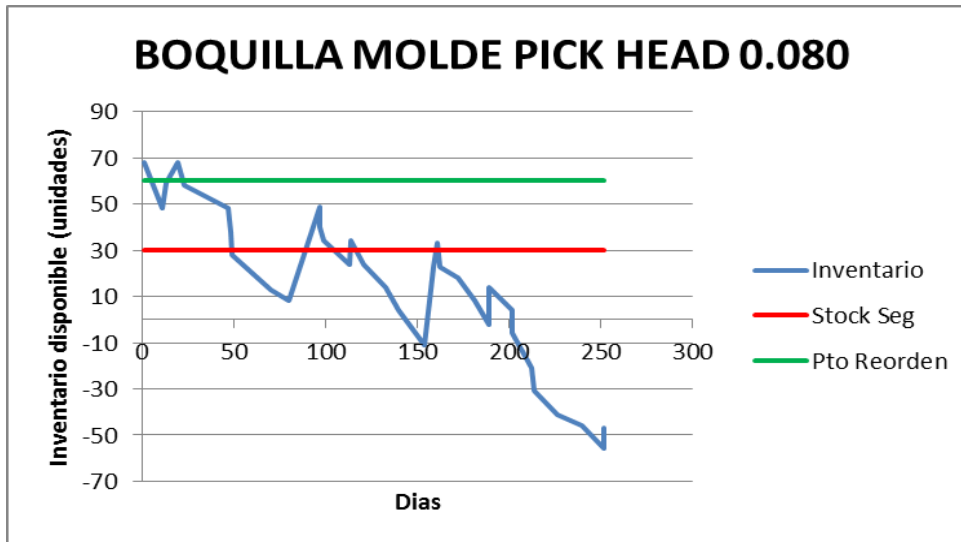


Figura 4.6. 1 Demanda BOQUILLA MOLDE PICK HEAD 0.080 1398940 (Autor)

Para este repuesto se puede en el periodo analizado de 250 días, como la tendencia al stock disponible fue definitivamente a la baja. El punto de stock de seguridad fue alcanzado desde los primeros días del periodo incluso llegando a 0 en ciertos periodos del análisis. El hecho de que muchas veces se tienen partes dañadas que luego los mismos técnicos reparan para no parar la operación, hace que se tenga tiempo para que los pedidos se hagan y lleguen a la planta.

Tomando los 252 días del análisis / los 10 pedidos hechos se tiene un tiempo de entrega promedio de 25 días.

c. Análisis de Demanda para el repuesto “UÑA PARA CHUCK 70702”

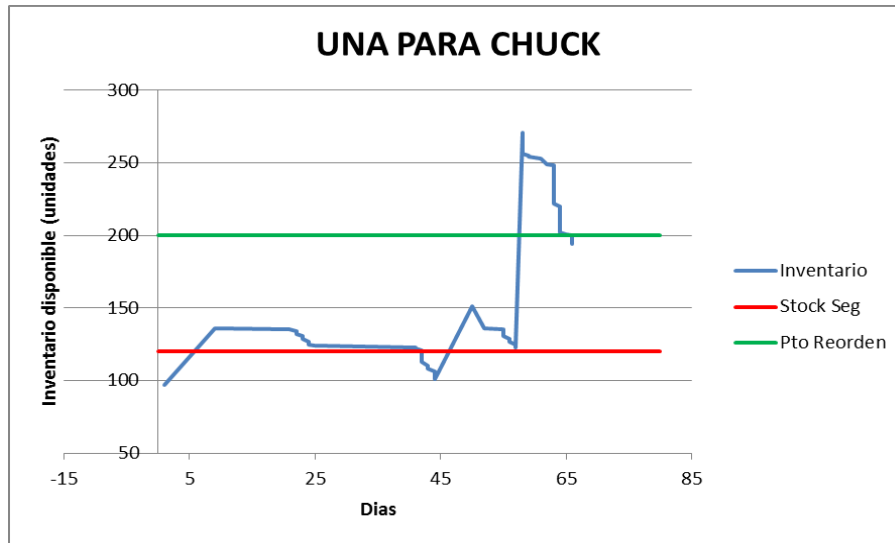


Figura 4.7. 1 Demanda UÑA PARA CHUCK 70702 (Autor)

Para un periodo de 70 días de análisis, se puede apreciar como el inventario estuvo oscilando en el punto de stock de seguridad, hasta que llega un punto donde se sube el inventario y empieza a bajar acercándose al punto de reorden. Se tiene el riesgo de operar muy cerca del punto de stock de seguridad al poner en riesgo la operación en caso de tener un sobreconsumo.

Para el caso de los pedidos, para el periodo de 66 días analizados se tienen un total de 4 pedidos, al tener un tiempo de entrega promedio de 17 días.

d. Análisis de Demanda para el repuesto “CHUCK DELANTERO SIN HULE 70020”

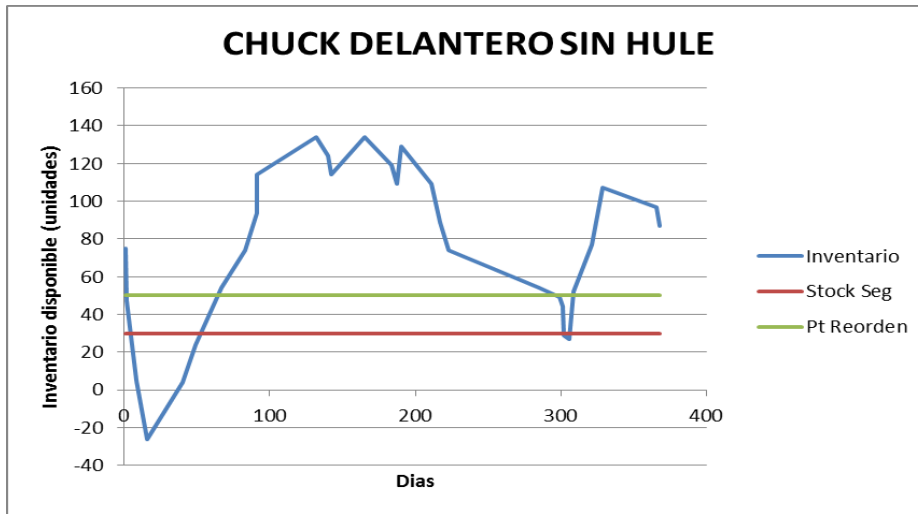


Figura 4.8. 1 Demanda CHUCK DELANTERO SIN HULE 70020 (Autor)

Para el caso del Chuck delantero, para un periodo de 370 días se puede ver cómo se ha operado en una buena parte de este tiempo muy por encima del punto de reorden. Esto es un ejemplo claro de cómo se tienen más partes almacenadas en la bodega de las que en teoría deberían manejarse; incrementando el costo del inventario.

Para el periodo analizado de 366 días se tienen 14 pedidos de material, lo cual arroja un tiempo promedio de entrega de 27 días.

e. Análisis de Demanda para el repuesto “DIE 0.11 91071697”

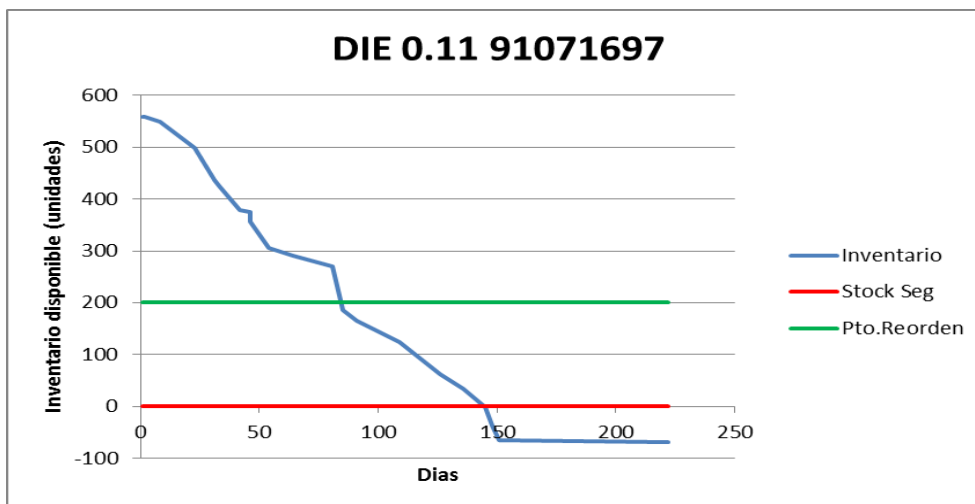


Figura 4.9. 1 Demanda DIE 0.11 91071697 (Autor)

En el caso de este Die, se ve claramente la tendencia a la baja de las existencias de la parte en el periodo analizado de 220 días.

No se tuvo un ingreso de partes en el periodo analizado incluso llegando a cero durante los últimos días registrados. Esto ha causado varios cortos de producción por esta situación que obligan al personal de mantenimiento a ingeniar formas de alargar la vida de los últimos repuestos disponibles o en último caso detener la línea de producción hasta que se compren las partes.

Para este repuesto en el periodo analizado de 222 días no se tienen compras registradas.

f. Análisis de Demanda para el repuesto “FLANGE CROSS EXTRUDER 20938”

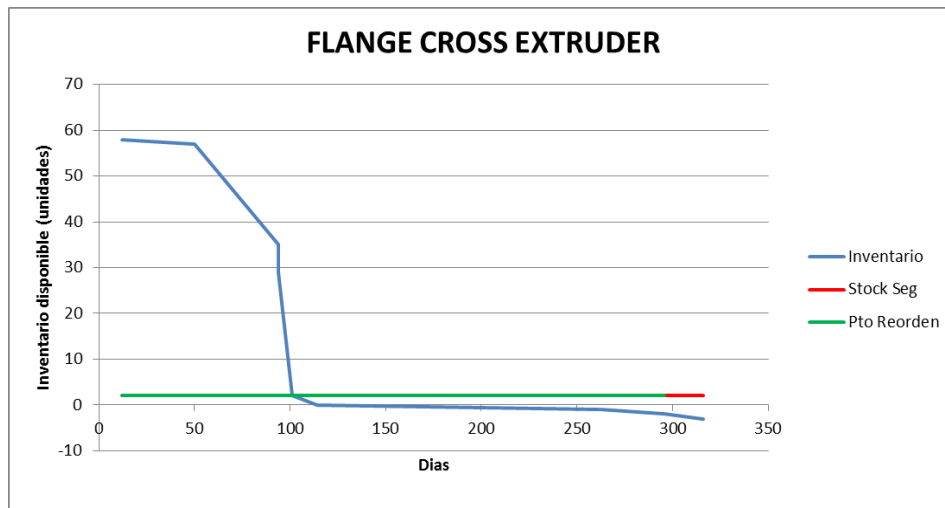


Figura 4.10. 1 Demanda FLANGE CROSS EXTRUDER 20938 (Autor)

Este es un repuesto donde el punto de reorden y el stock de seguridad tienen un mismo valor, lo cual no es lo ideal.

Adicionalmente, se ve una clara tendencia a la baja de las existencias al punto de bajar de cero en el final del periodo de análisis de 320 días para este caso particular. No se registran entradas de partes solamente consumo lo cual va a hacer que, como se ve en el gráfico, las existencias se agoten y

afecte la producción regular del equipo.

En resumen, se puede ver un mal uso de los puntos de reorden y la cantidad de stock de seguridad. No se ve que el historial de compras tome estos puntos para mantener el inventario en los niveles teóricos modelados con esas cantidades, y por el contrario en algunos casos el inventario se mantiene más arriba al aumentar costos, o más abajo impactar la operación de la planta.

Para esta parte en el periodo de análisis de 316 días no se tienen abastecimientos registrados al inventario.

De esta forma se presentan los datos recopilados para los primeros repuestos que están ubicados en la lista luego de la clasificación, al conocer en primer lugar la situación del proceso y la problemática que se está teniendo descrita gracias a todas las causas encontradas. Finalmente se tienen los resultados del análisis histórico de cada repuesto que van a servir como base al análisis siguiente en la investigación.

5. CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El propósito de esta sección, luego del análisis inicial de la situación actual del tema de inventario de repuestos, será el presentar conclusiones y recomendaciones sobre la forma de llevar a cabo la propuesta enfocándolo en los resultados deseados.

Los objetivos y recomendaciones se enfocarán en los objetivos planteados en el inicio de la investigación de modo de poder alinear lo que se propuso durante la planeación del proyecto, con lo que se debe ejecutar para poder lograr una optimización adecuada.

5.1. Conclusiones

1. Se debe tratar de eliminar del proceso toda decisión que sea tomada con base en la intuición o algún criterio subjetivo. Por ejemplo, los puntos de reorden actualmente se asignan a criterio de la persona que solicita la parte, lo cual debe cambiar por una metodología más cuantitativa con una revisión periódica de resultados.
2. Luego del análisis de repuestos con movimiento en el periodo determinado de 24 meses, se ve que hay una cantidad considerable de partes que están almacenadas por más de este periodo en la bodega. Aparte del gasto constante por su mantenimiento se tiene el riesgo de daño por lo que esta situación debe ser tomada en cuenta durante la implementación.
3. Se identificaron causas probables que contribuyen al problema en las categorías de Método, Material, Mano de Obra y Medio ambiente las cuales fueron sometidas a un análisis para determinar su validez o descartar su contribución, encontrando la mayor parte en la categoría de método.

4. Para la clasificación ABC, los ítemes clase A corresponden al 1,6% del grupo total, lo cual indica que las partes que forman este reducido grupo tienen un gran impacto al inventario actual, por lo tanto cualquier mejora que se le haga a estas partes va a significar una ganancia importante desde el punto de vista de optimización del inventario.
5. Respecto al comportamiento de las demandas, en ninguno de los 6 casos analizados se ve que el comportamiento del inventario respete los valores de punto de reorden y stock de seguridad; con lo cual se evidencia uno de los mayores problemas del sistema.
6. Si bien es cierto en demandas de este tipo de inventario no se tienen tendencias definidas, el hecho de la forma de establecer límites y de hacer las compras hace que el comportamiento no sea realista para poder predecir demandas en el futuro. Debe en primer lugar establecerse un procedimiento o algunas reglas para el control de inventarios para poder tener una idea del tipo de comportamiento que podrían tener estos repuestos en cuanto a consumo. Esto será una fuente de datos muy importante a la hora de definir proyectos de mejora en los equipos para buscar reducir su consumo.
7. Se deben plantear los indicadores que deben controlarse regularmente para poder medir la efectividad de la optimización y en general el buen desempeño de todo el sistema de repuestos.

5.2. Recomendaciones

1. Definir el incluir en el proceso la parte de revisión periódica, partes obsoletas y sin movimiento reciente como una tarea regular a ser ejecutada.
2. Proponer metodologías para el cálculo del nivel de servicio y cantidades de stock recomendadas a mantener para que luego puedan ser aplicadas al total de las partes que forman el inventario.
3. Utilizar modelos estadísticos para optimizar el nivel de existencias de los repuestos críticos, para luego analizar la opción de extrapolar el estudio a las demás partes que conforman el total del inventario.
4. Definir los indicadores que agreguen más valor a la operación de la planta al basarse esta decisión en el análisis hecho.
5. Para repuestos con demanda y tiempo de entrega constante, en caso de que tengan criticidad baja y alto costo, se recomienda usar la cantidad económica de pedido para hacer las reposiciones de inventario en lugar del método basado en las cantidades de stock mínimo y de seguridad. De este modo se bajará al mínimo el nivel de existencias en la bodega.

6. CAPÍTULO VI: PROPUESTA

6.1. Propuesta

En el presente capítulo se va a aplicar la teoría vista en el análisis de los repuestos elegidos para la investigación, se van a aplicar los cálculos para determinar los parámetros recomendados por medios cuantitativos para reemplazar las estimaciones hechas por intuición o medios subjetivos tal como se hace en este momento, además de calcular los montos de los ahorros teóricos que se obtendrán de implementar dichos parámetros.

Los parámetros que van a calcularse para este grupo de repuestos serán los siguientes:

- Punto de pedido
- Tiempo de entrega
- Stock de seguridad
- Tasa promedio utilización mensual
- Nivel de servicio
- Cantidad económica de pedido
- Pedidos por año

Para los dos últimos parámetros de cantidad económica de pedido y pedidos por año se recomienda utilizarse para demandas y tiempos de entrega constantes dado el bajo nivel de inventario a manejar.

Para la reposición de las partes, se usará el método de Punto de Pedido/ Cantidad de Pedido de modo de pedir una cantidad de partes una vez que se alcanza el stock mínimo establecido.

Luego de haber obtenido los valores teóricos esperados, se compararán contra los cálculos de las existencias calculadas por probabilidad de modo de documentar todo el proceso de cálculo necesario para llegar al resultado final.

Se tomaron los mismos seis repuestos analizados en el capítulo anterior para hacer los cálculos de los nuevos valores.

6.2. Cálculo de nuevos parámetros

a. Chuck delantero sin hule

Se inicia el análisis con el consumo anual durante 2016, de acuerdo al sistema de control de inventarios:

Tabla 6.1. 1

Demanda real para 2016 para el repuesto Chuck delantero sin hule.

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
47	10	22	6	17	23	12	13	15	17	9	16

Nota: Las cifras están en unidades consumidas del repuesto a analizar

Aplicando las formulas descritas en la parte teórica de la investigación se logran los resultados presentados a continuación:

Tabla 6.2. 1

Resultados de aplicación de fórmulas de optimización de inventarios para el repuesto Chuck delantero sin hule

Precio unitario	\$242,34
Tiempo de entrega	63 días
Consumo anual	207 unidades
Tasa utilización promedio	0,57
Stock mínimo	36 unidades
Tasa promedio utilización mensual	17 unidades
Desviación absoluta promedio DAP	7
Stock seguridad	27 unidades
Punto pedido	63 unidades
Nivel servicio	87,9%
Cantidad pedido	15 unidades
Costo Total	\$550,8
CEP	15 unidades
Pedidos anuales	13,66

Análisis de resultados.

Tomando como base los datos históricos se tiene en primer lugar el cálculo de Stock mínimo, el cual corresponderá a la cantidad mínima que tener en stock al asumir un comportamiento similar al del periodo analizado, en cuanto a consumo.

Para el stock de seguridad, el valor de 27 piezas contempla un 95% de probabilidad de tener la pieza disponible durante el tiempo de entrega, evitando tener cortos. Si se quisiera una probabilidad del 99% de confianza el valor de stock mínimo aumentaría a 41 piezas; un 34% más de inventario.

Al considerar el valor de 95% de confianza, se tiene que el punto de pedido corresponde a 63 piezas que corresponde al nivel de existencias para el que hay que hacer el pedido; en otras palabras, cuando el inventario del repuesto llegue a 63 piezas o menos, se debe hacer un pedido por 15 unidades que corresponden a la cantidad económica de pedido. Del consumo anual histórico y esta cantidad económica de pedido se tiene el número redondeado de 14 pedido por año del repuesto; la combinación de estos números arroja un nivel de servicio de 87,9% que corresponde a la probabilidad de disponer de la pieza en cualquier momento.

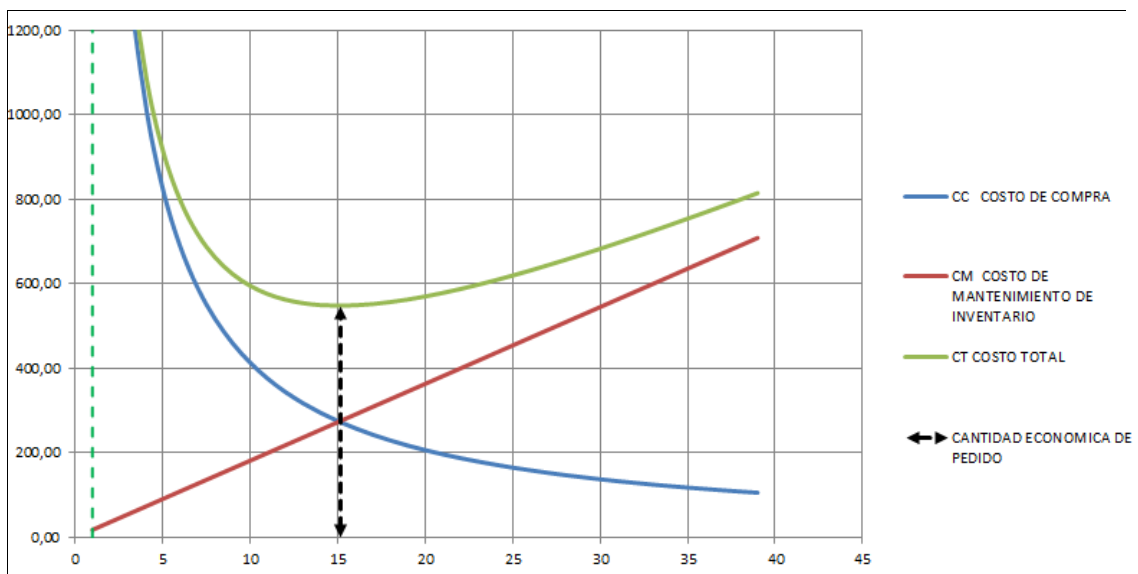


Figura 6.1. 1 Gráfico de Punto de pedido para repuesto Chuck delantero sin hule (Autor)

El gráfico del punto de pedido muestra la cantidad económica de pedido y los costos correspondientes, que según la teoría son los costos más bajos tanto de mantenimiento como de compra. Para este caso, ambos equivalen a \$275. El costo total como se puede ver en el gráfico es el más bajo y equivale a la suma de los dos costos ya calculados y corresponde a \$ 550.

En caso de que se pueda considerar la demanda y el tiempo de entrega como constantes, y además quiera reducir al máximo las existencias del repuesto en la bodega se debe usar la cantidad económica de pedidos junto con el número de pedidos anuales para hacer las reposiciones de inventario. Si no se puede considerar de esa forma, no se debe usar este parámetro como referencia para los pedidos y se deben tomar como válidos los valores encontrados de stock de seguridad y stock mínimo para hacer las reposiciones

Al verificar los datos obtenidos con el análisis estadístico, al utilizar la distribución normal para los datos se puede observar que el inventario mínimo de 36 unidades corresponde al 99,7% de confianza, el cual se incrementará al 100% si se suman las 27 partes del stock de seguridad; por lo cual, estadísticamente siempre se tendrán piezas en el inventario manteniendo una tendencia de consumo como la del histórico. Si se tomará el 95% de confiabilidad basado en el gráfico, se tendría un valor de inventario de 29 piezas.

Los datos se obtienen del consumo mensual y la desviación absoluta promedio, al dar como resultado el gráfico de distribución de los datos.

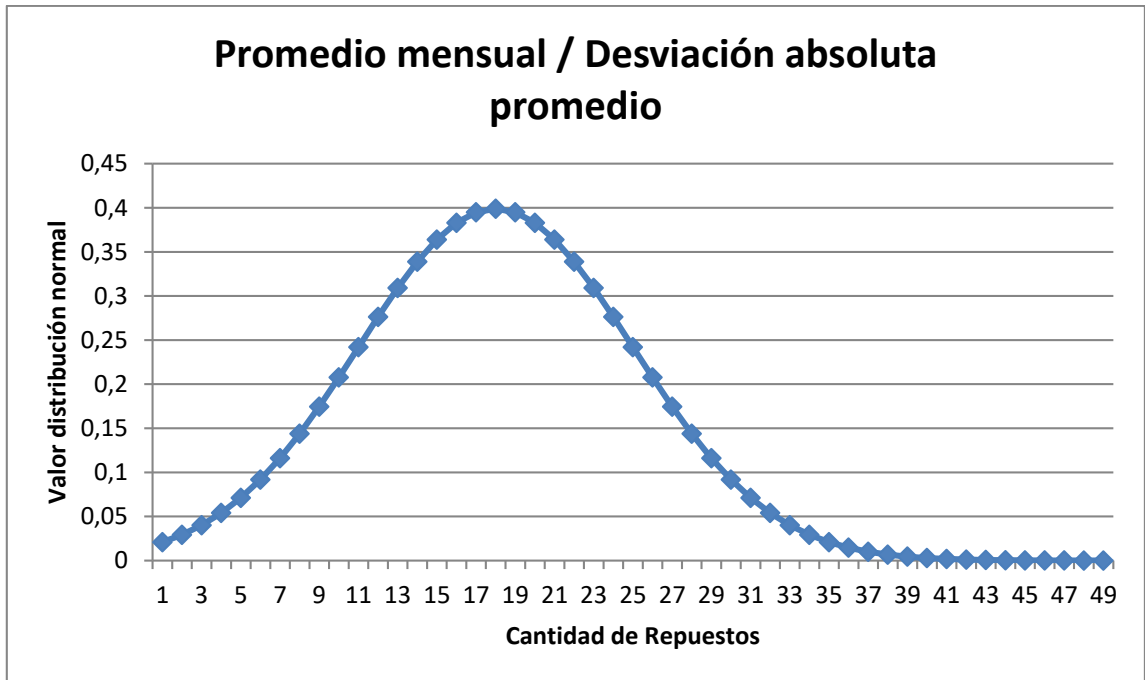


Figura 6.2. 1 Gráfico de Distribución Normal para el consumo del repuesto Chuck delantero sin hule (Autor)

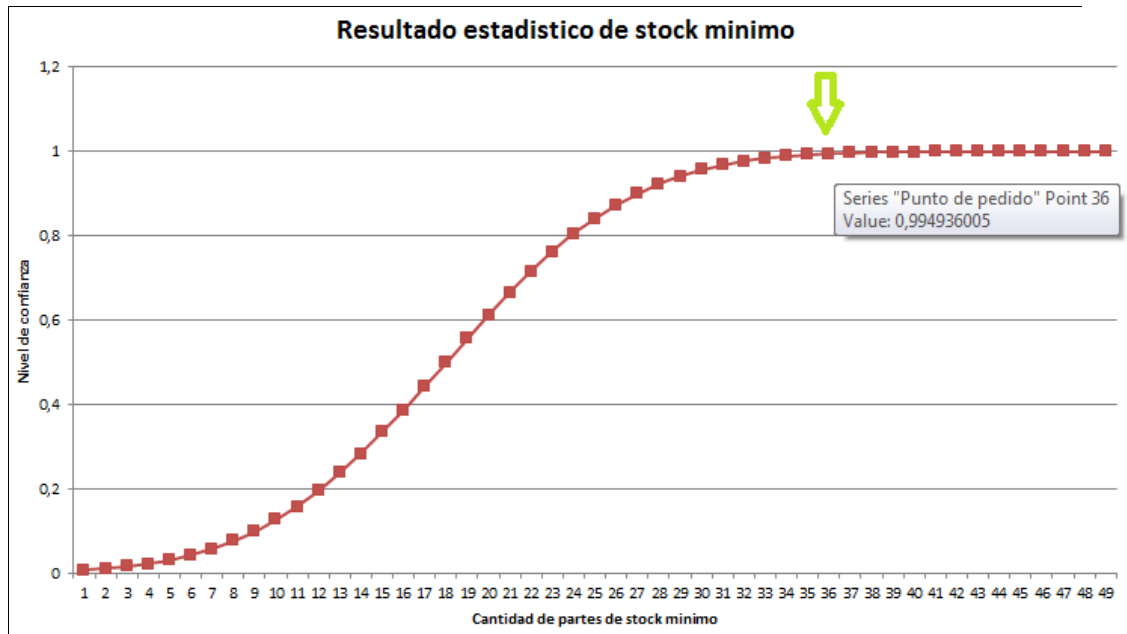


Figura 6.3. 1 Gráfico de comprobación estadística para el punto de pedido para el repuesto Chuck delantero sin hule (Autor)

En cuanto a la reposición de inventario, según los datos de la tabla 6.2 se podrá obtener el gráfico donde se observa la tendencia de consumo teórico recomendado respecto de los valores establecidos de stock de seguridad y stock mínimo, y se podrá ver que si no hay cambios en la demanda y el tiempo de entrega no habrá problemas de rotura de stock. Este gráfico se presentará solamente para este repuesto para demostrar que las fórmulas aplicadas para este, y los demás repuestos del análisis, están correctas y presentan los resultados esperados en las pruebas teóricas.

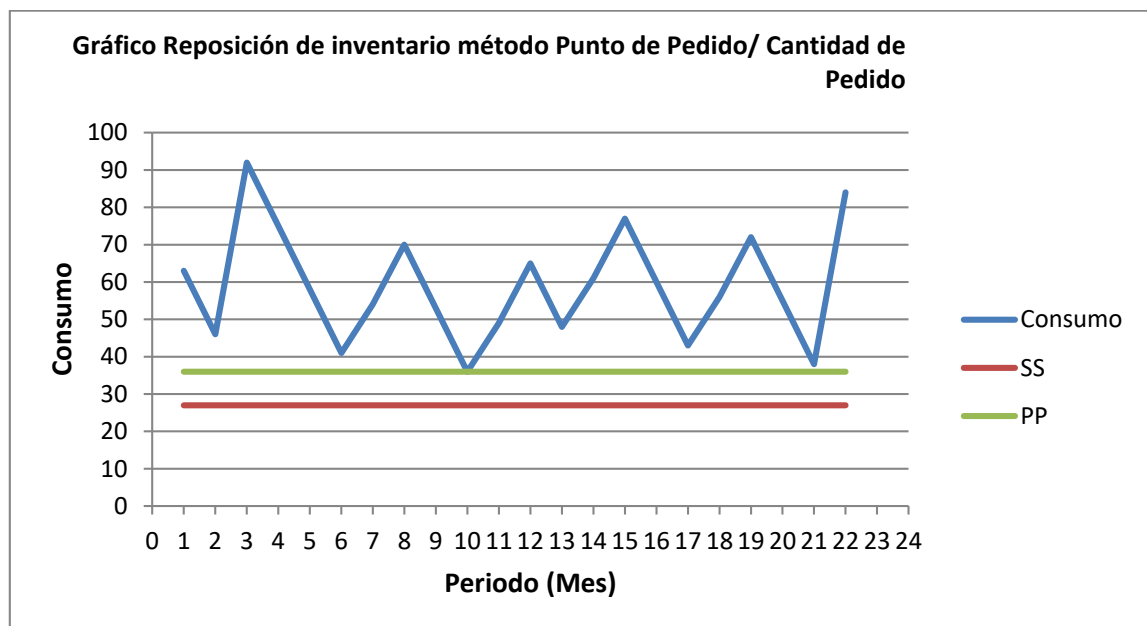


Figura 6.4. 1 Gráfico de Reposición de inventario para repuesto Chuck delantero sin hule (Autor)

Al comparar estos resultados con los datos actuales, se tiene un inventario real de 228 unidades, con un stock de seguridad de 30 piezas y un punto de pedido de 50.

Tabla 6.3. 1

Comparación entre parámetros de inventarios actuales y propuestos luego del análisis para el Chuck delantero sin hule (Autor)

	Inventario (unidades)	Stock Seguridad (unidades)	Punto de pedido (unidades)
Propuesta	63	27	36
Actualmente	228	30	50

De los datos anteriores se ve que se tiene un exceso de 165 unidades en inventario, equivalentes a un costo de \$242, 34 a un total de \$39.986 de piezas que no son necesarias almacenadas en la bodega.

b. Uña de Chuck

Para este repuesto se tiene el siguiente consumo registrado durante todo el 2016:

Tabla 6.4. 1

Demanda real para 2016 para el repuesto Uña de Chuck.

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
93	112	176	131	158	160	94	92	113	91	105	65

Nota: Las cifras están en unidades consumidas del repuesto a analizar

Al aplicar las fórmulas descritas en la parte teórica de la investigación se logran los resultados presentados a continuación:

Tabla 6.5. 1

Resultados de aplicación de fórmulas de optimización de inventarios para el repuesto Uña de Chuck.

Precio unitario	\$64,41
Tiempo de entrega	58 días
Consumo anual	1390 unidades
Tasa utilización promedio	4 unidades
Stock mínimo	221 unidades
Tasa promedio	116 unidades

utilización mensual	
Desviación absoluta promedio DAP	27
Stock seguridad	103 unidades
Punto pedido	324 unidades
nivel servicio	88,87%
cantidad pedido	76 unidades
Costo Total	\$735,85
CEP	76 unidades
Pedidos anuales	18,25

Análisis de resultados.

Tomando como base los datos históricos se tiene en primer lugar el cálculo de Stock mínimo con un resultado de 221 piezas, el cual corresponderá a la cantidad mínima por tener en stock al asumir un comportamiento similar al del periodo analizado, en cuanto a consumo.

Para el stock de seguridad, el valor de 103 piezas contempla un 95% de probabilidad de tener la pieza disponible durante el tiempo de entrega, evitando tener cortos. Si se quisiera una probabilidad del 99% de confianza el valor de stock mínimo aumentaría a 154 piezas; un 33% más de inventario.

Al considerar el valor de 95% de confianza, se tiene que el punto de pedido corresponde a 324 piezas que corresponde en el nivel de existencias para el que hay que hacer el pedido; en otras palabras, cuando el inventario del repuesto llegue a 324 piezas o menos, se debe hacer un pedido por 77 unidades que corresponden a la cantidad económica de pedido. Del consumo anual histórico y esta cantidad económica de pedido se tiene el número redondeado de 19 pedidos por año del repuesto; la combinación de estos números arroja un nivel de servicio de 88,87% que corresponde a la probabilidad de disponer de la pieza en cualquier momento.

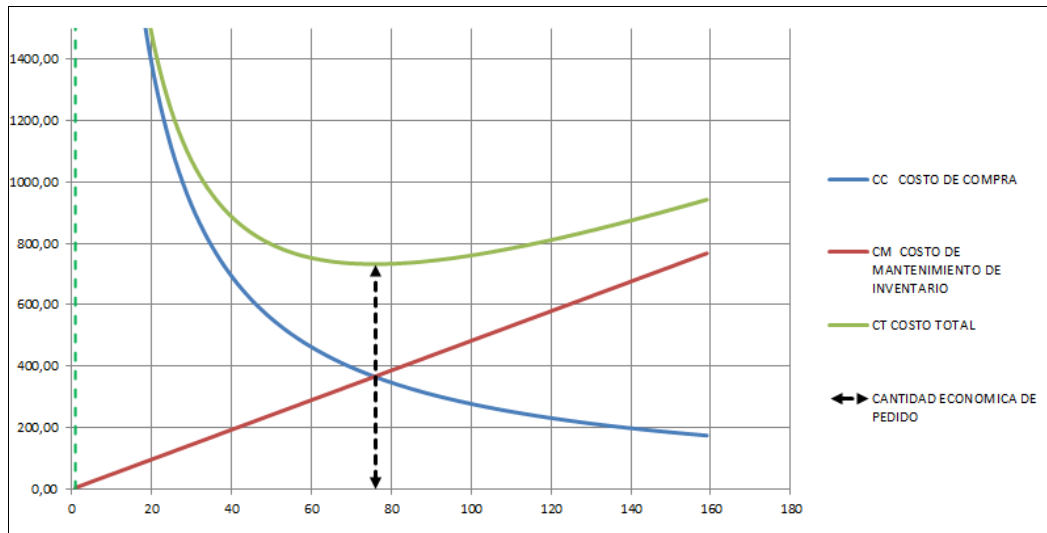


Figura 6.5. 1 Gráfico de Punto de pedido para repuesto Uña de Chuck (Autor)

El gráfico del punto de pedido muestra la cantidad económica de pedido y los costos correspondientes, que según la teoría son los costos más bajos tanto de mantenimiento como de compra. Para este caso, ambos equivalen a \$367. El costo total como se puede ver en el gráfico es el más bajo y equivale a la suma de los dos costos ya calculados y corresponde a \$ 735.

En caso de que se pueda considerar la demanda y el tiempo de entrega como constantes, y además quiera reducir al máximo las existencias del repuesto en la bodega se debe usar la cantidad económica de pedidos junto con el número de pedidos anuales para hacer las reposiciones de inventario. Si no se puede considerar de esa forma, no se debe usar este parámetro como referencia para los pedidos y se deben tomar como válidos los

valores encontrados de stock de seguridad y stock mínimo para hacer las reposiciones

Al verificar los datos obtenidos con el análisis estadístico, al utilizar la distribución normal para los datos se puede observar que el inventario mínimo de 180 unidades corresponde al 99% de confianza, el cual se incrementará al 100% si se suman las 103 partes del stock de seguridad; por lo cual, estadísticamente siempre se tendrán piezas en el inventario al

mantener una tendencia de consumo como la del histórico.

Se puede notar que estadísticamente, al analizar los datos como una distribución normal, se requiere un número menor de cantidad de inventario necesario a mantener para la operación normal del proceso.

Los datos se obtienen del consumo mensual y la desviación absoluta promedio, al dar como resultado el gráfico de distribución de los datos.

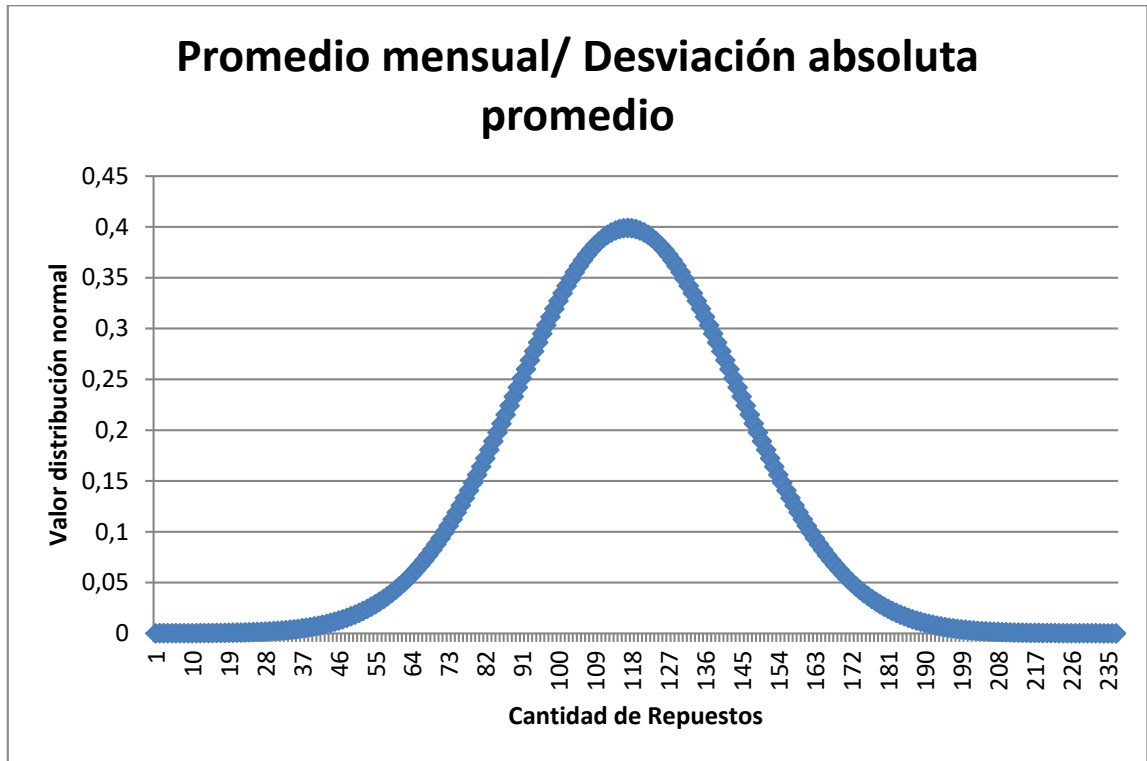


Figura 6.6. 1 Gráfico de Distribución Normal para el consumo del repuesto Uña de Chuck (Autor)

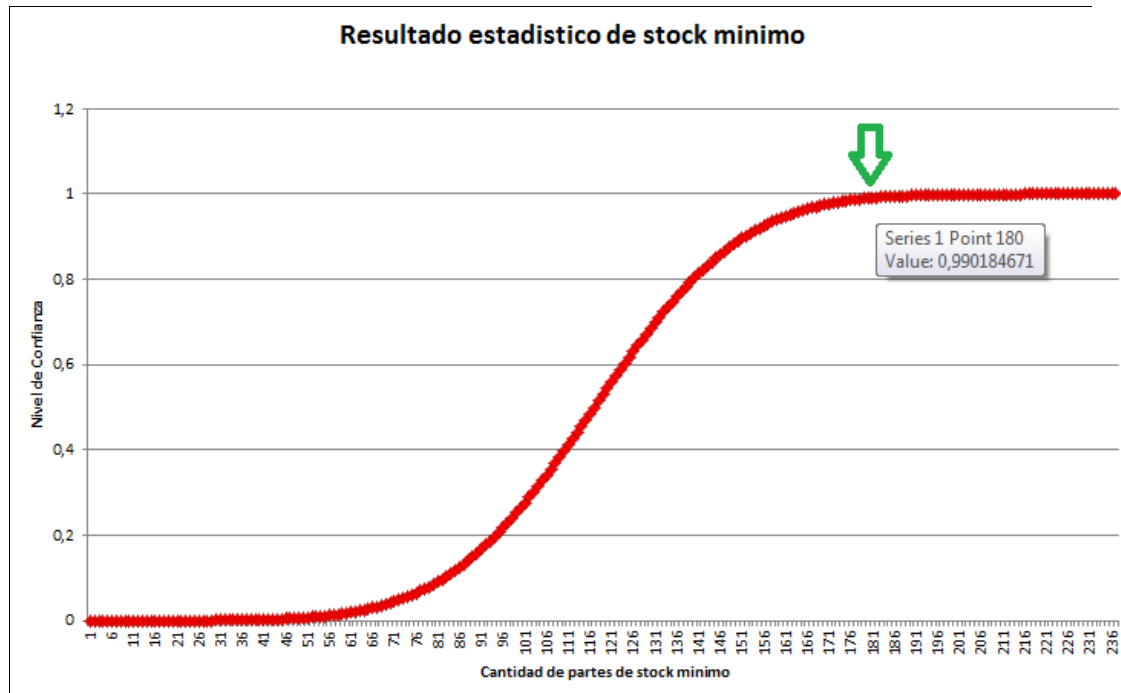


Figura 6.7. 1 Gráfico de comprobación estadística para el punto de pedido para el repuesto Uña de Chuck (Autor)

Al comparar estos resultados con los datos actuales, se tiene un inventario real de 1635 unidades, con un stock de seguridad de 120 piezas y un punto de pedido de 200.

Tabla 6.6. 1

Comparación entre parámetros de inventario actuales y propuestos para Uña de Chuck luego del análisis (Autor)

	Inventario (unidades)	Stock Seguridad (unidades)	Punto de pedido (unidades)
Propuesta	324	103	221
Actualmente	1635	120	200

De los datos anteriores se ve que se tiene un exceso de 1311 unidades en inventario, equivalentes a un costo de \$64,41 a un total de \$84.441,51 de piezas que no son necesarias almacenadas en la bodega.

c. FLANGE CROSS EXTRUDE

Para este repuesto se tiene el siguiente consumo registrado durante todo el 2016:

Tabla 6.7. 1

Demanda real para 2016 para el repuesto Flange Cross Extruder.

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0	0	1	1	1	0	2	0	0	0	3	0

Al aplicar las fórmulas descritas en la parte teórica de la investigación se logran los resultados presentados a continuación:

Tabla 6.8. 1

Resultados de aplicación de fórmulas de optimización de inventarios para el repuesto Flange Cross Extruder.

Precio unitario	\$1221,25
Tiempo de entrega	35 días
Consumo anual	8 unidades
Tasa utilización promedio	0,022 unidades
Stock mínimo	0,77 unidades
Tasa promedio utilización mensual	0,67 unidades
Desviación absoluta promedio DAP	0,83
Stock seguridad	1,92 unidades
Punto pedido	3 unidades
nivel servicio	90,4%
cantidad pedido	6 unidades
Costo Total	\$243,1
CEP	1,3 unidades
Pedidos anuales	6

Análisis de resultados.

Tomando como base los datos históricos, se tiene en primer lugar el cálculo de Stock mínimo con un resultado de 1 pieza, el cual corresponderá a la cantidad mínima por tener en stock al asumir un comportamiento similar al del periodo analizado, en cuanto a consumo.

Para el stock de seguridad, el valor de 2 piezas redondeado contempla un 95% de probabilidad de tener la pieza disponible durante el tiempo de entrega, al evitar tener cortos.

Al considerar el valor de 95% de confianza, se tiene que el punto de pedido corresponde a 3 piezas que corresponde en el nivel de existencias para el que hay que hacer el pedido; en otras palabras, cuando el inventario del repuesto llegue a 3 piezas o menos, se debe hacer un pedido por 2 unidades que corresponden a la cantidad económica de pedido. Del consumo anual histórico y esta cantidad económica de pedido se tiene en el número de 6 pedidos por año del repuesto; la combinación de estos números arroja un nivel de servicio de 90,4% que corresponde a la probabilidad de disponer de la pieza en cualquier momento.

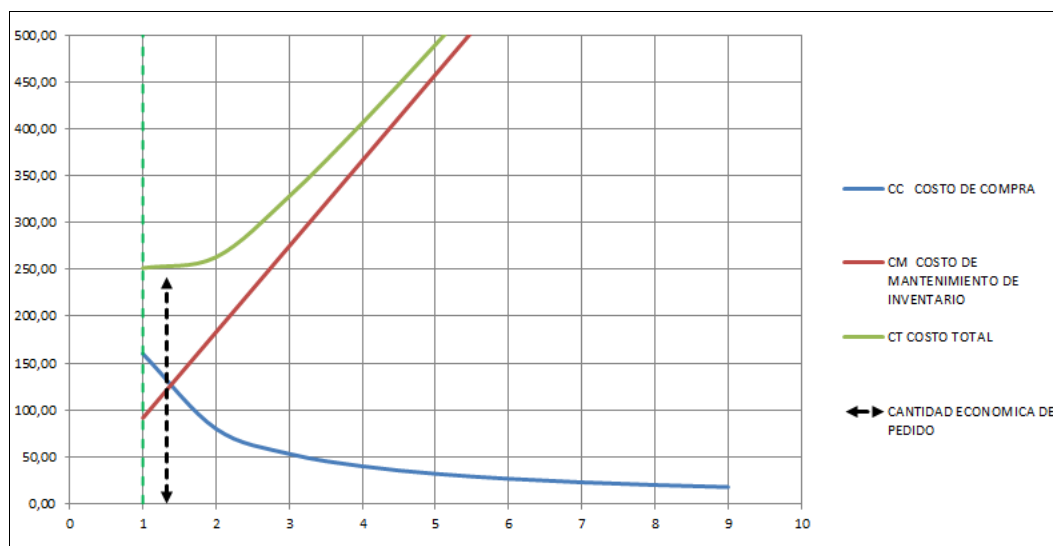


Figura 6.8. 1 Gráfico de Punto de pedido para repuesto Flange Cross Extruder (Autor)

El gráfico del punto de pedido muestra la cantidad económica de pedido y los costos correspondientes, que según la teoría son los costos más bajos

tanto de mantenimiento como de compra. Para este caso, ambos equivalen a \$121. El costo total como se puede ver en el gráfico es el más bajo y equivale a la suma de los dos costos ya calculados y corresponde a \$ 243.

En caso de que se pueda considerar la demanda y el tiempo de entrega como constantes, y además quiera reducir al máximo las existencias del repuesto en la bodega se debe usar la cantidad económica de pedidos junto con el número de pedidos anuales para hacer las reposiciones de inventario. Si no se puede considerar de esa forma, no se debe usar este parámetro como referencia para los pedidos y se deben tomar como válidos los valores encontrados de stock de seguridad y stock mínimo para hacer las reposiciones

Al verificar los datos obtenidos con el análisis estadístico, al utilizar la distribución normal para los datos se puede observar que el inventario mínimo de 2 unidades calculado anteriormente (stock de seguridad en este caso) corresponde al 97.7% de confianza. El hecho de que es un repuesto de poco consumo hace que los resultados obtenidos con las fórmulas se tuvieran que redondear para poder tener número enteros en los resultados finales; lo cual también baja un poco el porcentaje de confiabilidad obtenido con el mismo valor en la comprobación estadística.

Los datos se obtienen del consumo mensual y la desviación absoluta promedio, que da como resultado el gráfico de distribución de los datos.

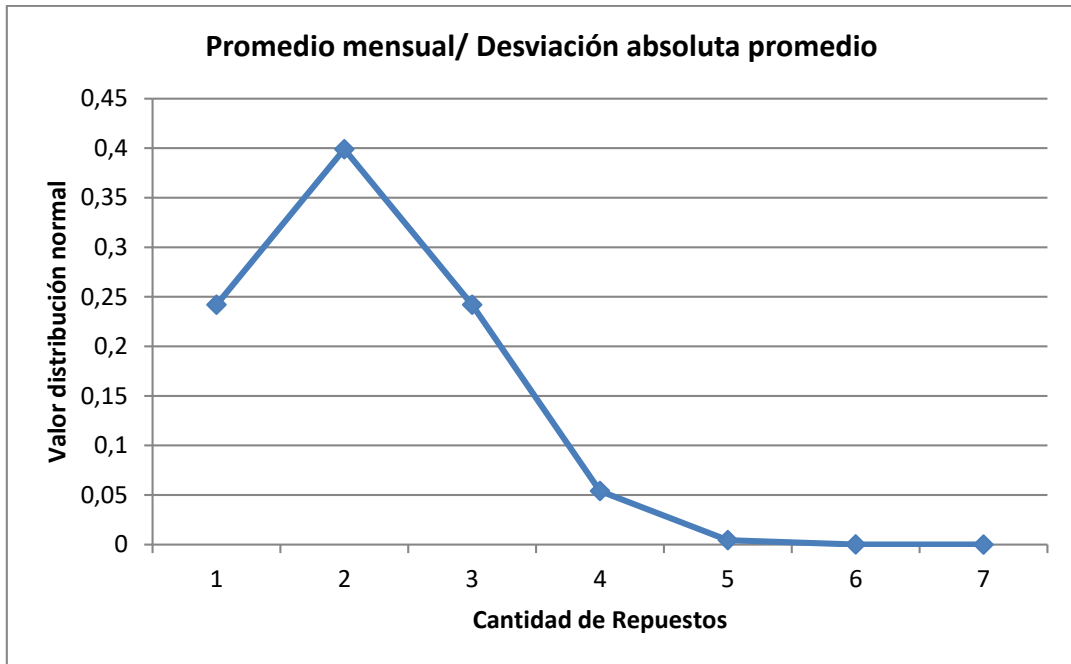


Figura 6.9. 1 Gráfico de Distribución Normal para el consumo del repuesto Flange Cross Extruder (Autor)

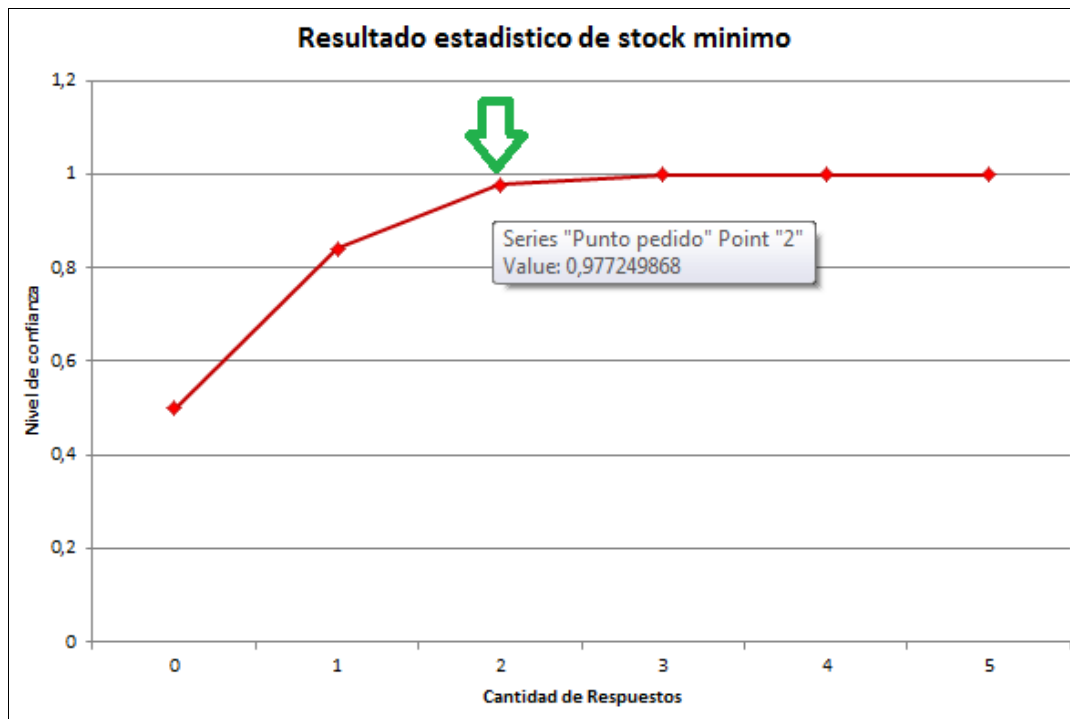


Figura 6.10. 1 Gráfico de comprobación estadística para el punto de pedido para el repuesto Flange Cross Extruder (Autor)

Al comparar estos resultados con los datos actuales, se tiene un inventario real de 8 unidades, con un stock de seguridad de 2 piezas y un punto de pedido de 2.

Tabla 6.9. 1
Comparación entre parámetros de inventarios actuales y propuestos para Flange Cross Extruder luego del análisis (Autor)

	Inventario (unidades)	Stock Seguridad (unidades)	Punto de pedido (unidades)
Propuesta	3	2	1
Actualmente	8	2	2

De los datos anteriores se ve que se tiene un exceso de 5 unidades en inventario, equivalentes a un costo de \$1221,25 a un total de \$6.106,25 de piezas que no son necesarias almacenadas en la bodega.

d. BOQUILLA MOLDE PICK HEAD 0.080

Se inicia el análisis con el consumo anual durante 2016, de acuerdo con el sistema de control de inventarios:

Tabla 6.10. 1
Demanda real para 2016 para el repuesto Boquilla Molde Pick Head 0.080.

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2	10	15	25	25	35	21	34	44	48	35	32

Al aplicar las fórmulas descritas en la parte teórica de la investigación se logran los resultados presentados a continuación:

Tabla 6.11. 1
Resultados de aplicación de fórmulas de optimización de inventarios para el repuesto Boquilla Molde Pick Head 0.080.

Precio unitario	\$398,23
Tiempo de entrega	45 días
Consumo anual	326 unidades
Tasa utilización promedio	0,89 unidades
Stock mínimo	40 unidades
Tasa promedio utilización mensual	27 unidades
Desviación absoluta promedio DAP	11
Stock seguridad	32 unidades
Punto pedido	72 unidades
nivel servicio	90,13%
Cantidad pedido	22 unidades
Costo Total	\$886,1
CEP	14,8 unidades
Pedidos anuales	21,97

Análisis de resultados.

Tomando como base los datos históricos se tiene en primer lugar el cálculo de Stock mínimo, el cual corresponderá a la cantidad mínima por tener en stock al asumir un comportamiento similar al del periodo analizado, en cuanto a consumo.

Para el stock de seguridad, el valor de 32 piezas contempla un 95% de probabilidad de tener la pieza disponible durante el tiempo de entrega, al evitar tener cortos. Si se quisiera una probabilidad del 99% de confianza el valor de stock mínimo aumentaría a 48 piezas; un 33% más de inventario.

Al considerar el valor de 95% de confianza, se tiene que el punto de pedido corresponde a 72 piezas que corresponde en el nivel de existencias para el que hay que hacer el pedido; en otras palabras, cuando el inventario del repuesto llegue a 72 piezas o menos, se debe hacer un pedido por 22 unidades que corresponden a la cantidad económica de pedido. Del consumo anual histórico y esta cantidad económica de pedido se tiene el número redondeado de 22 pedidos por año del repuesto; la combinación de

estos números arroja un nivel de servicio de 90,13% que corresponde a la probabilidad de disponer de la pieza en cualquier momento.

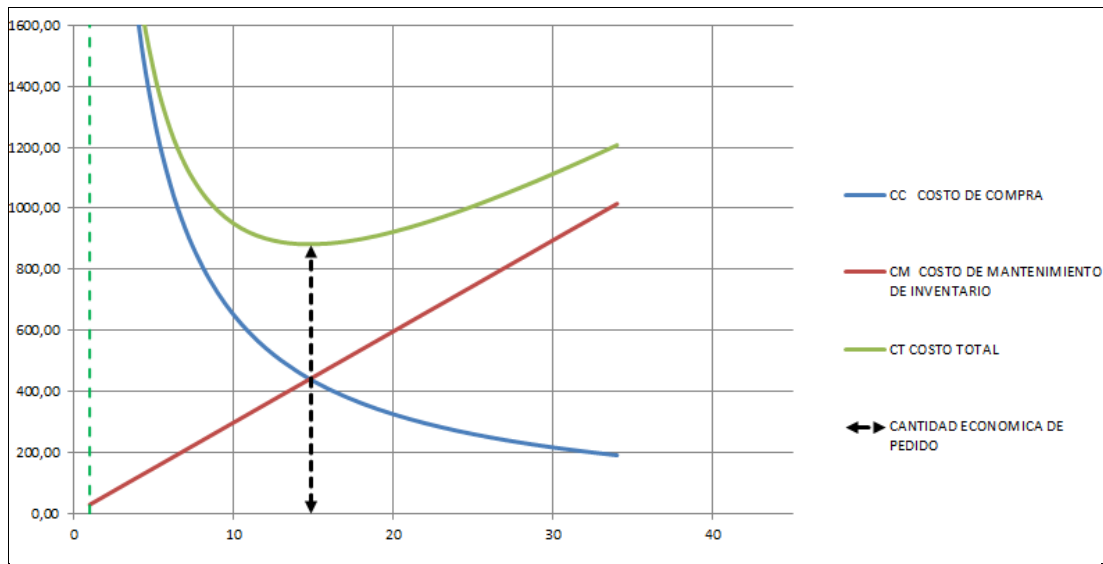


Figura 6.11. 1 Gráfico de Punto de pedido para repuesto Boquilla Molde Pick Head 0.080 (Autor)

El gráfico del punto de pedido muestra la cantidad económica de pedido y los costos correspondientes, que según la teoría son los costos más bajos tanto de mantenimiento como de compra. Para este caso, ambos equivalen a \$443. El costo total como se puede ver en el gráfico es el más bajo y equivale a la suma de los dos costos ya calculados y corresponde a \$ 886.

En caso de que se pueda considerar la demanda y el tiempo de entrega como constantes, y además quiera reducir al máximo las existencias del repuesto en la bodega se debe usar la cantidad económica de pedidos junto con el número de pedidos anuales para hacer las reposiciones de inventario. Si no se puede considerar de esa forma, no se debe usar este parámetro como referencia para los pedidos y se deben tomar como válidos los valores encontrados de stock de seguridad y stock mínimo para hacer las reposiciones

Al verificar los datos obtenidos con el análisis estadístico, que utiliza la

distribución normal para los datos, se puede observar que el inventario mínimo de 40 unidades corresponde en este caso al 88% de confianza, el cual se incrementará al 99,99% si se suman las 32 partes del stock de seguridad; por lo cual, estadísticamente siempre se tendrán piezas en el inventario al mantener una tendencia de consumo como la del histórico teniendo siempre el stock mínimo más el stock de seguridad.

Los datos se obtienen del consumo mensual y la desviación absoluta promedio, al dar como resultado el gráfico de distribución de los datos.

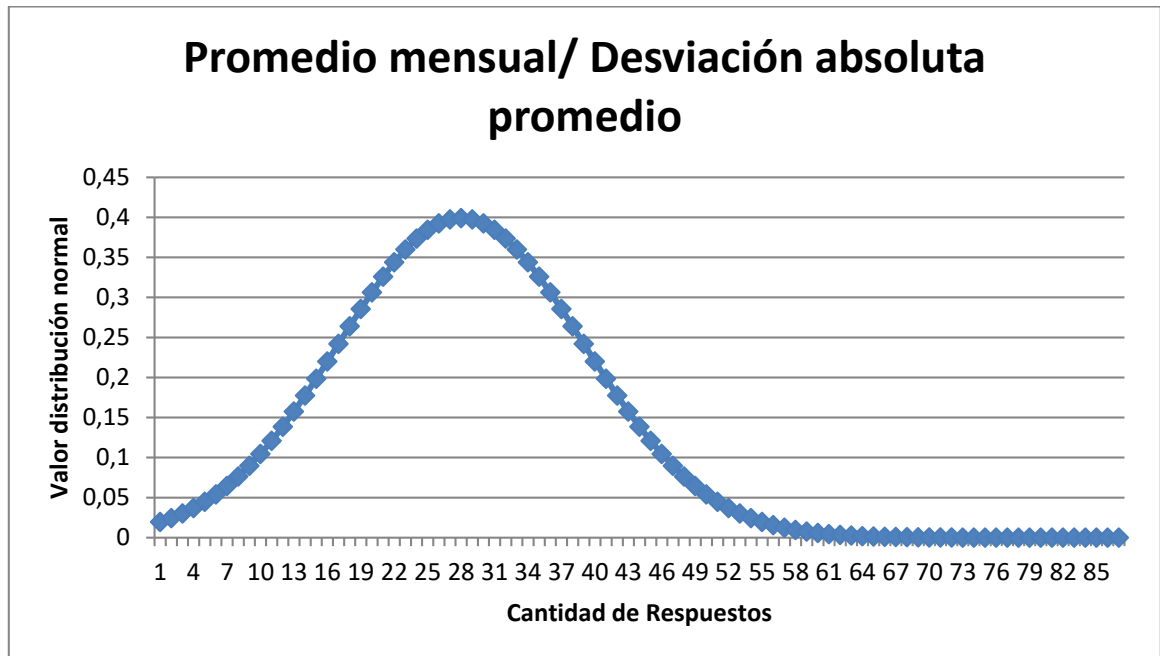


Figura 6.12. 1 Gráfico de Distribución Normal para el consumo del repuesto Boquilla Molde Pick Head 0.080 (Autor)

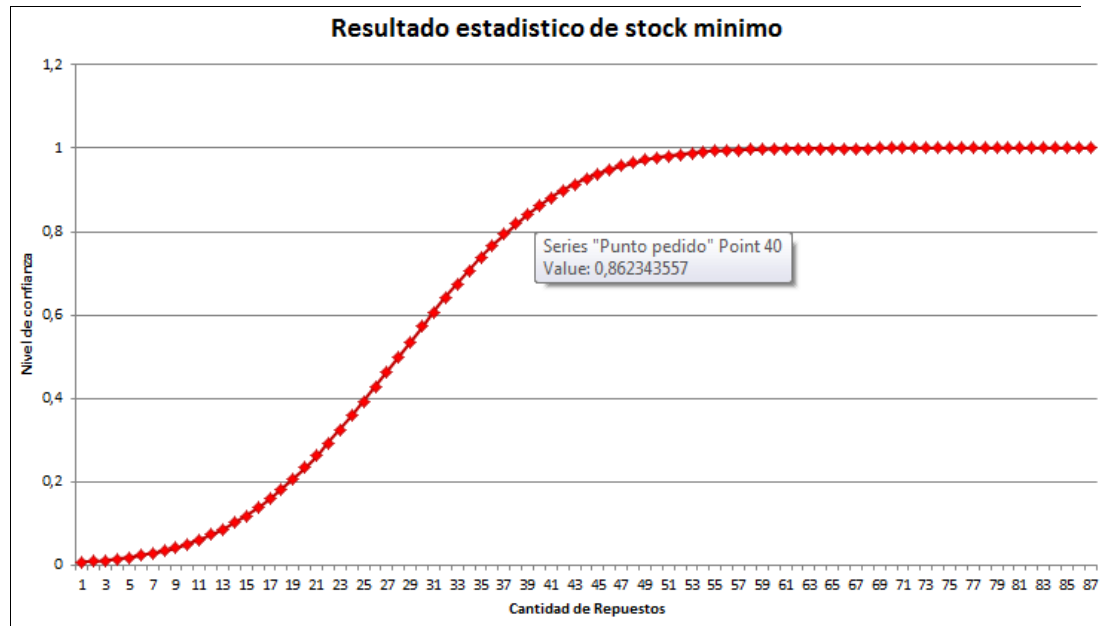


Figura 6.13. 1 Gráfico de comprobación estadística para el punto de pedido para el repuesto Boquilla Molde Pick Head 0.080 (Autor)

Al comparar estos resultados con los datos actuales, se tiene un inventario real de 39 unidades, con un stock de seguridad de 30 piezas y un punto de pedido de 60.

Tabla 6.12. 1 Comparación entre parámetros de inventarios actuales y propuestos para Boquilla Molde Pick Head 0.080 luego del análisis (Autor)

	Inventario (unidades)	Stock Seguridad (unidades)	Punto de pedido (unidades)
Propuesta	72	32	40
Actualmente	39	30	60

De los datos anteriores se ve que en este caso se tiene menos unidades que las recomendadas para un total de 33 unidades de faltante. Una vez reestablecida la cantidad recomendada, al cambiar la cantidad de punto de pedido se va a tener un ahorro de 20 unidades por pedido comparado con el valor establecido en este momento.

Los datos encontrados en el capítulo IV de análisis de resultados validan la información encontrada y explicada en los párrafos anteriores, ya que en el diagnóstico del comportamiento histórico del inventario para este

repuesto se ve como varias veces la cantidad de existencias ha quedado en cero, lo cual en este momento se puede deducir que se debe a un mal cálculo de los puntos de reorden y cantidades de stock mínimas.

De igual forma dado el nivel de inventario actual se puede intentar utilizar la cantidad económica de pedido para reponer el inventario, al considerar la demanda y el tiempo de entrega constantes.

e. **BOQUILLA 0.090 SPARK TESTER**

El consumo anual durante 2016 se describe como sigue:

Tabla 6.13 1

Demanda real para 2016 para el repuesto Boquilla 0.090 Spark Tester.

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
27	51	28	40	20	20	18	26	30	26	56	27

Al aplicar las fórmulas descritas en la parte teórica de la investigación se logran los resultados presentados a continuación:

Tabla 6.14. 1

Resultados de aplicación de fórmulas de optimización de inventarios para el repuesto Boquilla 0.090 Spark Tester.

Precio unitario	\$398,23
Tiempo de entrega	63 días
Consumo anual	369 unidades
Tasa utilización promedio	1,01 unidades
Stock mínimo	64 unidades
Tasa promedio utilización mensual	31 unidades
Desviación absoluta promedio DAP	9
Stock seguridad	38 unidades

Punto pedido	102 unidades
nivel servicio	89,64%
cantidad pedido	16 unidades
Costo Total	\$942,73
CEP	15,78 unidades
Pedidos anuales	23,38

Análisis de resultados.

Para el stock de seguridad, el valor de 38 piezas contempla un 95% de probabilidad de tener la pieza disponible durante el tiempo de entrega, al evitar tener cortos. Si se quisiera una probabilidad del 99% de confianza el valor de stock mínimo aumentaría a 57 piezas; un 33% más de inventario.

Al considerar el valor de 95% de confianza, se tiene que el punto de pedido corresponde a 102 piezas que corresponde en el nivel de existencias para el que hay que hacer el pedido; en otras palabras, cuando el inventario del repuesto llegue a 102 piezas o menos, se debe hacer un pedido por 16 unidades que corresponden a la cantidad económica de pedido. Del consumo anual histórico y esta cantidad económica de pedido se tiene el número redondeado de 24 pedidos por año del repuesto; la combinación de estos números arroja un nivel de servicio de 89,64% que corresponde a la probabilidad de disponer de la pieza en cualquier momento.

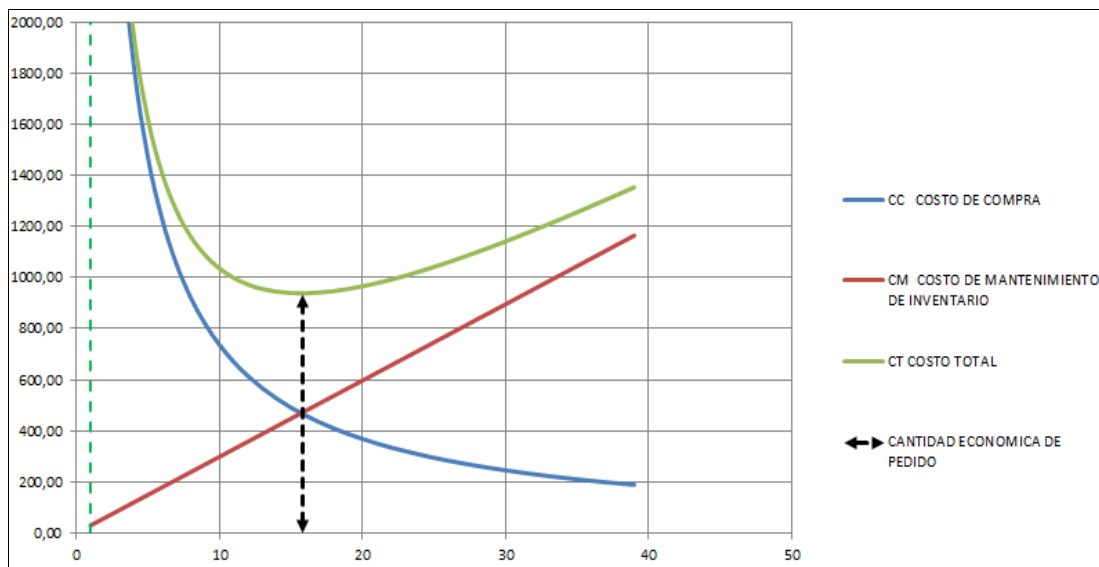


Figura 6.14. 1 Gráfico de Punto de pedido para repuesto Boquilla 0.090 Spark Tester

(Autor)

El gráfico del punto de pedido muestra la cantidad económica de pedido y los costos correspondientes, que según la teoría son los costos más bajos tanto de mantenimiento como de compra. Para este caso ambos equivalen a \$471. El costo total como se puede ver en el gráfico es el más bajo y equivale a la suma de los dos costos ya calculados y corresponde a \$ 942.

En caso de que se pueda considerar la demanda y el tiempo de entrega como constantes, y además quiera reducir al máximo las existencias del repuesto en la bodega se debe usar la cantidad económica de pedidos junto con el número de pedidos anuales para hacer las reposiciones de inventario. Si no se puede considerar de esa forma, no se debe usar este parámetro como referencia para los pedidos y se deben tomar como válidos los valores encontrados de stock de seguridad y stock mínimo para hacer las reposiciones

Al verificar los datos obtenidos con el análisis estadístico, que utiliza la distribución normal para los datos se puede observar que el inventario mínimo de 64 unidades corresponde al 99,98% de confianza, lo cual es un valor alto sin considerar aun las 38 piezas del stock de seguridad.

Si se tomará el 95% de confiabilidad basado en el gráfico, se tendría un valor de inventario de 46 piezas.

Los datos se obtienen del consumo mensual y la desviación absoluta promedio, al dar como resultado el gráfico de distribución de los datos.

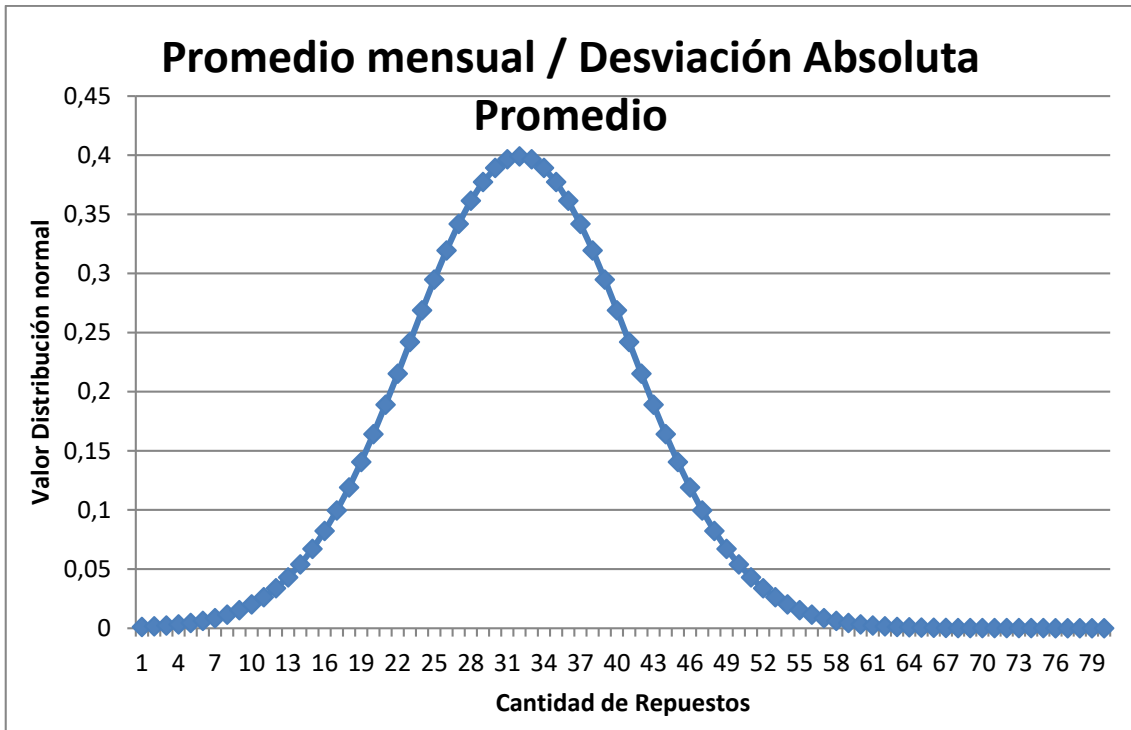


Figura 6.15. 1 Gráfico de Distribución Normal para el consumo del repuesto Boquilla 0.090 Spark Tester (Autor)

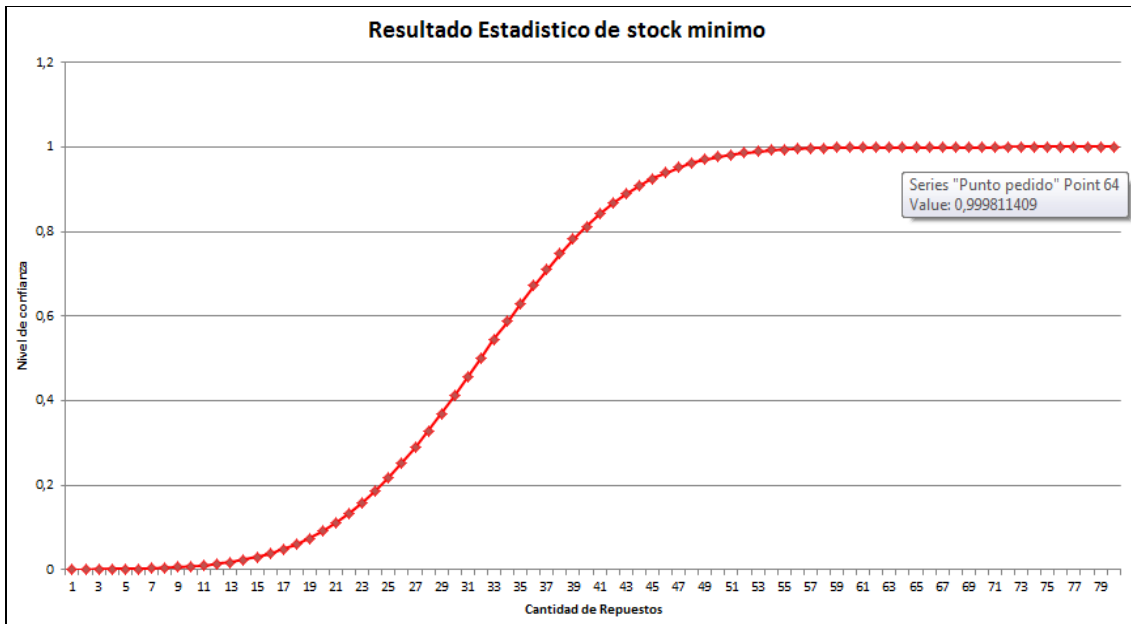


Figura 6.16. 1 Gráfico de comprobación estadística para el punto de pedido para el repuesto Boquilla 0.090 Spark Tester (Autor)

Al comparar estos resultados con los datos actuales, se tiene un

inventario real de 50 unidades, con un stock de seguridad de 50 piezas y un punto de pedido de 100.

Tabla 6.15. 1

Comparación entre parámetros de inventarios actuales y propuestos para Boquilla 0.090 Spark Tester luego del análisis (Autor)

	Inventario (unidades)	Stock Seguridad (unidades)	Punto de pedido (unidades)
Propuesta	64	38	102
Actualmente	50	50	100

De los datos anteriores se ve que en este caso se tiene menos unidades que las recomendadas para un total de 14 unidades de faltante (sin contar stock de seguridad). Sin embargo, estadísticamente el valor de 50 unidades corresponde a un 98,26% de confianza lo cual es un valor aceptable de confiabilidad.

La mejora en este repuesto radica en la reducción del stock de seguridad debido al porcentaje de confianza obtenido solamente con el inventario sin el stock de seguridad. Quedará a discreción de la organización decidir si se omite el valor de stock de seguridad teniendo un ahorro en inventario total de 38 piezas, o por el contrario por criticidad se decide mantener el stock completo recomendado de 102 piezas. A modo de ejemplo, si se decide mantener el 50% del stock de seguridad se tendrá una reducción de inventario de 17 piezas equivalente a un ahorro de \$6.766.

f. DIE 0.11

El consumo anual durante 2016 se describe como sigue:

Tabla 6.16. 1

Demanda real para 2016 para el repuesto Die 0.11.

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
64	94	98	74	87	201	63	81	30	59	20	114

Al aplicar las fórmulas descritas en la parte teórica de la investigación se logran los resultados presentados a continuación:

Tabla 6.17. 1

Resultados de aplicación de fórmulas de optimización de inventarios para el repuesto Die 0.11.

Precio unitario	\$48
Tiempo de entrega	50 días
Consumo anual	985 unidades
Tasa utilización promedio	2,70 unidades
Stock mínimo	135 unidades
Tasa promedio utilización mensual	82 unidades
Desviación absoluta promedio DAP	31
Stock seguridad	101 unidades
Punto pedido	236 unidades
nivel servicio	90,4%
cantidad pedido	14
Costo Total	\$534,74
CEP	74,26 unidades
Pedidos anuales	13,26

Análisis de resultados.

Para el stock de seguridad, el valor de 101 piezas contempla un 95% de probabilidad de tener la pieza disponible durante el tiempo de entrega, evitando tener cortos. Si se quisiera una probabilidad del 99% de confianza el valor de stock mínimo aumentaría a 151 piezas; un 33% más de inventario.

Al considerar el valor de 95% de confianza, se tiene que el punto de pedido corresponde a 236 piezas que corresponde al nivel de existencias para el que hay que hacer el pedido; en otras palabras, cuando el inventario

del repuesto llegue a 236 piezas o menos, se debe hacer un pedido por 75 unidades que corresponden a la cantidad económica de pedido. Del consumo anual histórico y esta cantidad económica de pedido se tiene el número redondeado de 14 pedidos por año del repuesto; la combinación de estos números arroja un nivel de servicio de 90,4% que corresponde a la probabilidad de disponer de la pieza en cualquier momento.

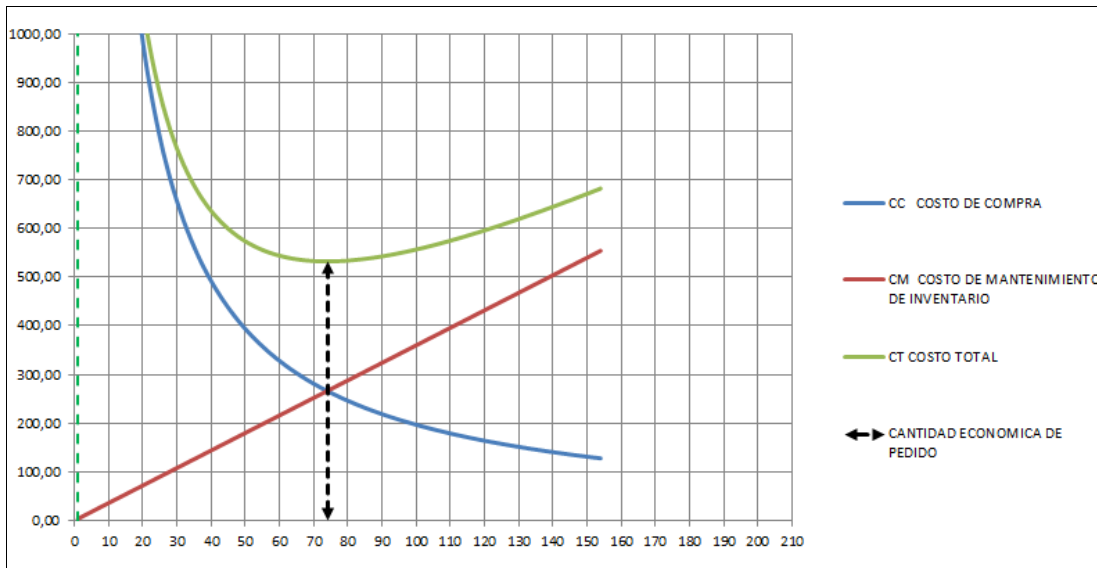


Figura 6.17. 1 Gráfico de Punto de pedido para repuesto Die 0.11 (Autor)

El gráfico del punto de pedido muestra la cantidad económica de pedido y los costos correspondientes, que según la teoría son los costos más bajos tanto de mantenimiento como de compra. Para este caso ambos equivalen a \$267. El costo total como se puede ver en el gráfico es el más bajo y equivale a la suma de los dos costos ya calculados y corresponde a \$ 534.

En caso de que se pueda considerar la demanda y el tiempo de entrega como constantes, y además quiera reducir al máximo las existencias del repuesto en la bodega se debe usar la cantidad económica de pedidos junto con el número de pedidos anuales para hacer las reposiciones de inventario. Si no se puede considerar de esa forma no se debe usar este parámetro como referencia para los pedidos y se deben tomar como válidos los valores encontrados de stock de seguridad y stock mínimo para hacer las reposiciones

Al verificar los datos obtenidos con el análisis estadístico, que utiliza la distribución normal para los datos, se puede observar que el inventario mínimo de 135 unidades corresponde al 95,6% de confianza, si se suman las 101 unidades del stock de seguridad se llegara al 100% fácilmente.

Los datos se obtienen del consumo mensual y la desviación absoluta promedio, da como resultado el gráfico de distribución de los datos.

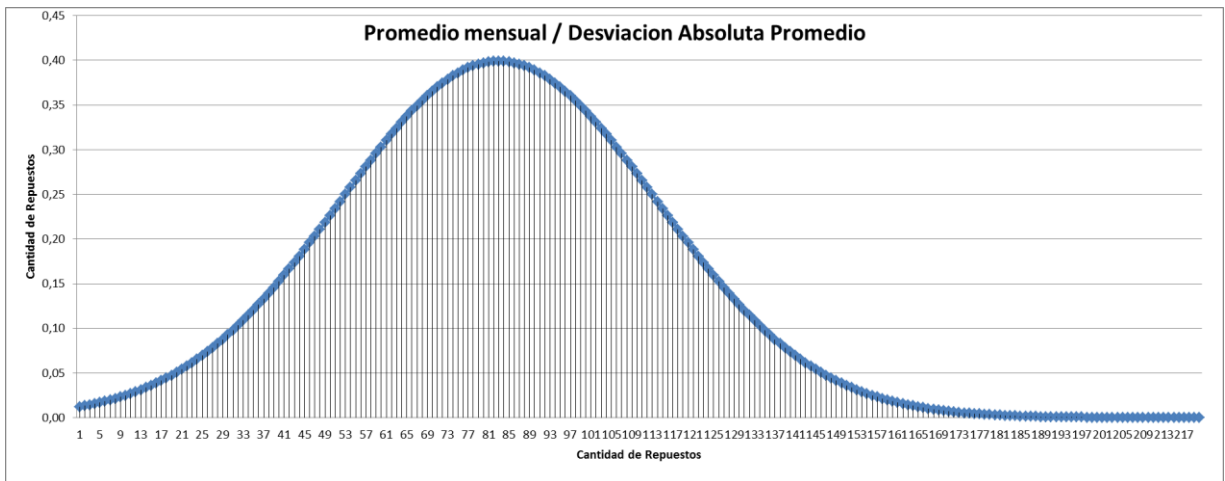


Figura 6.18. 1 Gráfico de Distribución Normal para el consumo del repuesto Die 0.11 (Autor)

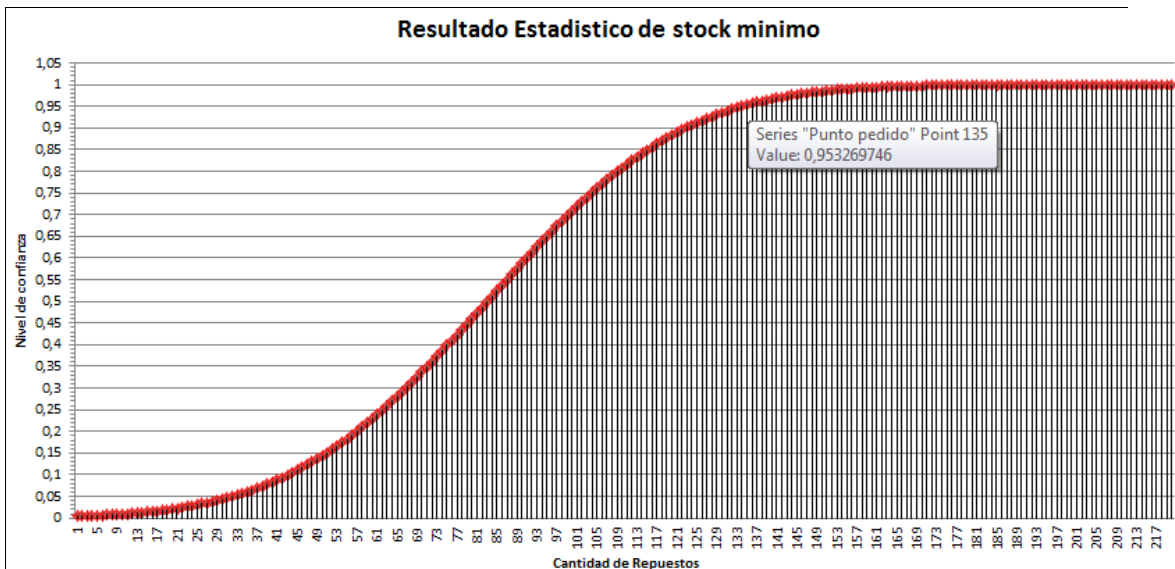


Figura 6.19. 1 Gráfico de comprobación estadística para el punto de pedido para el repuesto Die 0.11 (Autor)

Al comparar estos resultados con los datos actuales, se tiene un inventario real de 600 unidades, un punto de pedido de 200 sin stock de seguridad.

Tabla 6.18. 1

Comparación entre parámetros de inventarios actuales y propuestos para Die 0.11 luego del análisis (Autor)

	Inventario (unidades)	Stock Seguridad (unidades)	Punto de pedido (unidades)
Propuesta	135	101	236
Actualmente	600	0	200

Al considerar las cantidades propuestas y el stock actual, se tiene un sobrante de 364 piezas en inventario que equivale a \$17.472 que no se necesitan.

6.3. Indicadores de Gestión

Además de los parámetros calculados en este capítulo, se recomienda implementar indicadores de Gestión de modo de poder monitorear el inventario y poder tomar las medidas necesarias en caso de que se detecte una tendencia negativa.

Se recomienda iniciar con los siguientes indicadores de modo de evaluar la forma de manejarlos y su efectividad para controlar el inventario, de modo de modificar la lista propuesta en el futuro dependiendo de los resultados.

Los indicadores propuestos, así como su descripción de presentan en la tabla 6.19.

Tabla 6.19. 1

Ficha Resumen de los Indicadores de Gestión propuestos para el manejo del inventario de repuestos (Autor).

Indicador	Definición	Fórmula	Rangos	Método de medición	Frecuencia de medición
Rotación	Es el número de veces que el saldo promedio del inventario se usa en un período	$\frac{\text{Valor total de salidas anual}}{\text{Valor total del inventario}}$	El rango debe estar entre 0,5 y 1,5 veces por año	Se toma del reporte de consumos en el último año y el valor total del inventario	Anual
Valor total de inventario	Es el costo total de los repuestos almacenados en la bodega	$\frac{\text{Numero total de partes} * \text{Costo del total de partes}}$	<= al 5% del valor de los equipos de la planta	Se toma del reporte de existencias en el momento de la evaluación	Anual
Rotura de Stock	Cantidad de demanda del repuesto requerida por un equipo no atendida por ausencia de stock suficiente.	$\frac{\text{Demanda no atendida}}{\text{Demanda total}}$	<= 2%	El coordinador de repuestos debe llevar el control del número de veces que no se tiene un repuesto cuando se necesita y es solicitado por un técnico	Trimestral
Materiales Obsoletos	Indica el porcentaje de repuestos obsoletos que se tiene almacenado en el inventario	$\frac{\text{Valor Inventario obsoleto}}{\text{Valor inventario total}}$	<= 2%	Cada área debe tener un encargado que haga un barrido de los repuestos actuales de modo de consultar a los fabricantes la vigencia del repuesto actual o en si defecto su reemplazo	Semestral

La forma de recolectar la información para calcular los valores esperados sería que cada área haga el análisis de su grupo de repuestos; al ser áreas de producción independientes entre sí cada área una tendrá sus indicadores de los cuales se sacará un indicador general para la planta. La ventaja de hacerlo de esta forma es poder dividir los grupos de repuestos, dado el tamaño actual, y que sea más fácil identificar las áreas que necesiten mejoras y las que tienen sus inventarios optimizados.
















La tabla siguiente es el formato propuesto para registrar los resultados por periodo, de modo de poder tener registro y por tanto poder comparar valores y establecer tendencias como ya se mencionó.

La columna de “Condición” pretende que rápidamente se pueda identificar si el indicador necesita un plan de mejora o se está trabajando de

buena manera basado en el color asignado de acuerdo con el valor obtenido: Verde es bajo control, Amarillo precaución por estar bajo control, pero al límite del rango, y Rojo fuera de control.

Tabla 6.20. 1

Formato propuesto para documentación de valores obtenidos de Indicadores de Gestión (Autor)

Indicador	Periodo	Valor	Condición
			  
Rotación	Año 1	Valor obtenido por fórmula	 = 0,4 - 1,4  = 0,5 y 1,5  = cualquier valor fuera de rango
Valor del inventario	Año 1	Valor obtenido por fórmula	 = 1% – 3,8%  = 4,8 – 5%  = cualquier valor superior a 5%
Rotura stock	Trimestre 1	Valor obtenido por fórmula	 = 0 – 1,8%  = 1,8 – 2%  = cualquier valor superior a 2%
Materiales obsoletos	Semestre 1	Valor obtenido por fórmula	 = 0 – 1,8%  = 1,8 – 2%  = cualquier valor superior a 2%

Nota: El color amarillo en la columna de “Condición” significa que los valores obtenidos en la columna “Valor” están al límite del rango propuesto, lo cual debe de dar una alerta de que el indicador podría tener un valor negativo o Rojo en el siguiente periodo si no se toman acciones

6.4. Procedimiento de implementación

El procedimiento general de implementación está adjuntado a los

anexos de la investigación

6.5. Cronograma de implementación

La figura 6.20 muestra el cronograma propuesto para la implementación de la metodología de optimización desarrollada en la presente investigación. El cronograma tiene las tareas necesarias, el tiempo que se propone sean realizadas al asumir que se cuenta con los recursos necesarios para su desarrollo.

Precisamente en la figura se muestra de igual manera los recursos que son necesarios para cada una de las tareas propuestas de modo de tener todo el panorama completo a la hora de hacer el plan de trabajo.

Las fechas puestas en el análisis son tentativas las cuales quedarán a discreción de la Gerencia si las mantiene o se escoge un nuevo rango de fechas.

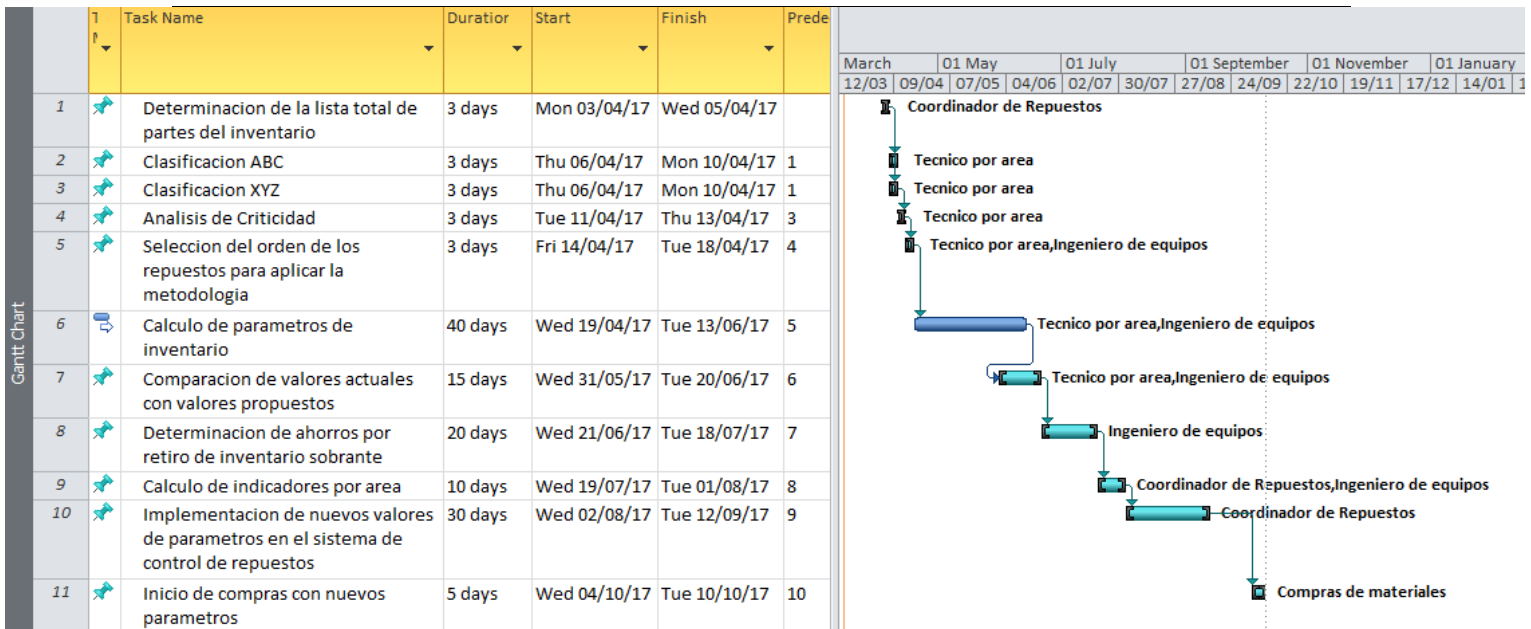


Figura 6.20. 1 Cronograma de implementación

7. Bibliografía

- Acosta, R. (2009). *Flujograma*. Cordoba, Argentina: El Cid Editor.
- Anklesaria, J. (2007). *Supply Chain Cost Management; The AIM & Drive process for achieving extraordinary results*. . Amacon.
- Atehortua, F., Hernando, R., & Zwerg-Villegas, A. (2012). *Research methodology: More than a recipe*. Retrieved from <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/administer/article/view/1344>
- Bose, C. (2006). *Inventory Management*. New Delhi: Prentice Hall of India.
- Boston Scientific. (2008). Master Validation Plan. Intranet Corporativa.
- Boston Scientific. (2011). Nine panel indicators. Intranet corporativa.
- Boston Scientific. (2012). Reportes de tiempo muerto de maquinaria de produccion. Intranet corporativa.
- Boston Scientific. (2015). Plan anual VIP projects. Intranet corporativa.
- Bragg, S. (2005). *Inventory Accounting*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Bravo, J. (1995). *Compras e inventarios*. Madrid: Ediciones Diaz de Santos.
- Castro, C., Velez, M., & Castro, J. (2011). *Clasificacion ABC Multicriterio: Tipos de Criterios y Efectos en la asignacion de pesos*. Retrieved from <http://revistas.ustabuca.edu.co/index.php/ITECKNE/article/view/35/14>
- Chase, R., Jacobs, F., & Aquilano, N. (2006). *Administracion de operaciones. Produccion y cadena de suministros*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Contreras, J. (2016). Gestion y Optimizacion de Inventarios en Mantenimiento. *Optimizacion de Inventarios*. Coyol, Alajuela.
- Cuatrecasas, L. (2012). *La Gestion del Stock: Modelos*. Madrid: Ediciones Diaz de Santos.
- Dhillon, B. (2002). *Engineering Maintenance: A modern Approach*. Florida: Taylor & Francis Group.
- Diaz Matamoros, A. (1999). *Gerencia de Inventarios*. Caracas: IESA.
- Diaz, A., & Fu, M. (1997). Models for multi echelon repairable item inventory systems with limited repair capacity. *European Journal or Operational Research*, 480-492.
- Dobles, C., Zuñiga, M., & Garcia, J. (1998). *Investigacion en educación: procesos*,

- interacciones y construcciones*. San Jose: UNED.
- Duffua, S., & Raouf, A. (2000). *Sistemas de mantenimiento: Planeacion y control*. Mexico: Limusa.
- Garay, C. (1998). *Criterios epistémicos no proporsionales*. Retrieved from <http://neurofilosofia.com.ar/crit.html>
- Gil, A. (2009). *Inventarios*. Argentina: El Cid editor.
- Guerrero, H. (2009). *Inventarios: Manejo y control*. Bogotá: Ecoe.
- Hassan, J. K. (2012). A risk-based approach to manage non-repairable spare parts inventory. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 344-362.
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2014). *Metodologia de la investigacion*. MEXico DF: MC Graw Hill.
- Keady, R. (2013). *Equipment Inventories for Owners and Facility MAnagers: Standards, Strategies and Best practices*. Wiley.
- MasTiposde, E. d. (2016, Octubre). *Mastiposde.com*. Retrieved from http://www.mastiposde.com/investigacion_cientifica.html
- Mercado, E. (2008). *Hands-on Inventory Management*. Florida: Taylor & Francis Group.
- Meza, L. G. (2003). *El paradigma positivista y la concepción dialéctica del conocimiento*. Retrieved from tecdigital.tec.ac.c: <https://tecdigital.tec.ac.cr/revistamatematica/contribucionesV4n2203/meza/ag1.html>
- Muller, M. (2003). *Essentials of Inventory Management*. Amacom.
- Ojeda, L. (2007). *Probabilidad y estadistica basica para ingenieros*. Guayaquiel, Ecuador: Escuela superior politecnica del litoral.
- Pecht, M. (2005). *Parts Selection and Management*. Wiley-Interscience.
- Raul Omar, D. (2015). *En busca del origen del conocimiento: El dilema de la realidad*. Retrieved from <http://neurofilosofia.com.ar/crit.html>
- Roda, I., Macchi, M., Fumagalli, L., & Viveros, P. (2014). A review of multi-criteria classification of spare parts. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 528-549.
- Roldan, I., Agudelo, J., Hernandez, D., & Agudelo, M. (2010). Los inventarios en las empresas manufactureras, su tratamiento y su valoracion. Una mirada desde la contabilidad de costos. *Contaduria Universal de Antioquia*, 61-79.
- Samaja, J. (2010). *Epistemologia y metodologia, elementos para una teoria de la*

investigacion cientifica. Buenos Aires: Editorial Universitaria de Buenos Aires.

Shenoy, D., & Bhadury, B. (2005). *Maintenance Resources Management Adapting MRP*. London: Taylor & Francis .

Slater, P., & Posey, A. (2007). *The missing link in Reliability*. Retrieved from Reliability web:
http://reliabilityweb.com/articles/entry/the_missing_link_in_reliability

Sutoyo Blanco, S. (1997). *Repuestos centrados en confiabilidad*. Retrieved from Ellmann Sueiro y asociados: <http://documents.mx/documents/repuestos-centrados-en-confiabilidad.html>

Syntetos, A., Keyes, M., & Babai, M. (2009). Demand categorization in a European spare parts logistics network. *International Journal of Operations & Production Management*, 292-316.

Walter, S. (2009). *Identificacion de la problematica mediante Pareto e Ishikawa*. Mexico: El Cid Editor.

Wild, T. (2002). *Best Practice in Inventory Management*. John Wiley & Sons.

Wilson, W. (2010). *How do you determine which repair parts are critical?* Retrieved from <https://www.lce.com/Whats-the-real-cost-of-spare-parts-inventory-1189.html>

Wilson, W. (2012). *Changing the Storeroom Culture to Best Practice Performance*. Retrieved from <https://www.lce.com/Whats-the-real-cost-of-spare-parts-inventory-1189.html>

8. Anexos

8.1. Procedimiento de implementación.

Procedimiento para implementación de parámetros de optimización de inventarios.

El presente procedimiento tiene como objetivo el describir los pasos requeridos para analizar la demanda de un repuesto específico y calcular los diferentes valores requeridos para determinar la optimización de existencias de la parte en la bodega de repuestos.

Pasos para la optimización de existencias:

1. Determinar la demanda mensual del repuesto en el periodo deseado de análisis. Se recomienda al menos 12 meses de datos históricos.
2. Investigar sobre el tiempo de entrega que tiene el repuesto.
3. Calcular la tasa de utilización promedio
4. Calcular la desviación absoluta promedio (DAP) basado en los datos de consumo mensual.
5. Determinar el stock de seguridad y el stock mínimo.
6. Con los datos calculados hasta el momento se puede determinar el punto de pedido.
7. Determinar el método de reposición de inventarios y hacer el cálculo teórico con los valores obtenidos
8. Calcular el nivel de servicio para los números obtenidos.
 - a. Dependiendo del valor obtenido y de la criticidad del repuesto, el encargado puede decidir subir o bajar la cantidad de pedidos anuales de modo de no caer en riesgo de rotura de stock o por el contrario tener más partes de las necesarias en caso de que la parte tenga criticidad baja. Esto debería ser una excepción que aplica solo en casos especiales.
9. Se deben calcular los costos de comprar y mantener de modo de poder calcular la cantidad económica de pedido.
10. Si el repuesto tiene una demanda definida como constante junto con los tiempos de entrega, se puede calcular la cantidad económica de pedido y la cantidad de pedidos anuales, la cual como ya se mencionó en el punto 7 podría variar en caso de tener un valor de Nivel de servicio no alineado con la criticidad de la parte a analizar.

Para repuestos nuevos:

Para el caso de repuestos nuevos se recomienda obtener información teórica del fabricante sobre el consumo de modo de aplicar los puntos anteriores a valores sugeridos de existencias.

Lo ideal es identificar el MTTF (Mean Time to Failure) teórico dado por el fabricante para poder tener información para la aplicación de las fórmulas.

En caso de no contar con esta información, el encargado de repuestos del área debe asignar los puntos de reorden y cantidades recomendadas a mantener de acuerdo a su experiencia y criticidad del equipo al cual estará asignado.

Seguimiento a indicadores de Gestión:

Para los indicadores de Gestión propuestos se deben aplicar las formulas y criterios especificados. Los resultados deben registrarse en una tabla de resultados de modo de poder ver tendencias y tomar planes de acción.

8.2. Datos clasificación ABC.

Se adjuntará la lista de clasificación ABC correspondiente a los primeros 177 items clasificados que corresponden a un 85% de valor acumulado.

	Material Description	STD Cost	Consumo annual 2015	OH	Costo real	Valor de uso	Valor uso acumulado	% Valor de uso acumulado	Clasificación ABC
1	BOQUILLA 0.090 SPARK TESTER 1398940-4	\$ 398	378	87	\$ 5,00	\$ 150.530,94	\$ 150.530,94	7%	A
2	BOQUILLA MOLDE PICK HEAD 0.080 1398940	\$ 398	372	78	\$ 5,00	\$ 148.141,56	\$ 298.672,50	14%	A
3	FLANGE CROSS EXTRUDER 20938	\$ 1.221	76	4	\$ 1.221,25	\$ 92.815,00	\$ 391.487,50	19%	A
4	UNA PARA CHUCK 70702	\$ 64	1392	236	\$ 58,40	\$ 89.658,72	\$ 481.146,22	23%	A
5	DIE 0.11 91071697-PAG01	\$ 45	1783	131	\$ 59,61	\$ 79.343,50	\$ 560.489,72	27%	A
6	CHUCK DELANTERO SIN HULE 70020	\$ 252	297	50	\$ 190,41	\$ 74.944,98	\$ 635.434,70	30%	A
7	ELECTROPLATE CBN1A1 7X.013X1250430B1	\$ 96	667	35	\$ 96,00	\$ 64.032,00	\$ 699.466,70	33%	A
8	CHUCK TRASERO 0006204	\$ 110	398	166	\$ 109,56	\$ 43.604,88	\$ 743.071,58	35%	A
9	SERVO MOTOR S21HNNA-RNNE-00	\$ 2.638	15	1	\$ 2.637,72	\$ 39.565,80	\$ 782.637,38	37%	A
10	012-64000 UV LAMP, EXFO	\$ 676	58	18	\$ 675,80	\$ 39.196,40	\$ 821.833,78	39%	A
11	EJE PARA CHUCK TRASERO 90823841- PAG01	\$ 43	834	32	\$ 43,39	\$ 36.189,18	\$ 858.022,96	41%	A
12	BLADE-CARBIDE FS-1	\$ 518	54	2	\$ 517,50	\$ 27.945,00	\$ 885.967,96	42%	A
13	FISHWIRE DW06390	\$ 70	390	340	\$ 70,00	\$ 27.300,00	\$ 913.267,96	43%	A
14	PRINTHEAD 170XIIIPLUS 300 DPI G46500M	\$ 845	28	9	\$ 845,30	\$ 23.668,40	\$ 936.936,36	45%	A

15	MOLD 0.02774 IN 90592610_210095040-20PG6	\$ 145	147	17	\$ 28,28	\$ 21.246,84	\$ 958.183,19	46%	A
16	ROL 6201 6201ZZ	\$ 8	2576	50	\$ 7,83	\$ 20.170,08	\$ 978.353,27	47%	A
17	IDLER ROLLER ASSEMBLY 8001044	\$ 116	162	30	\$ 116,38	\$ 18.853,56	\$ 997.206,83	47%	A
18	3600 LTXL SEAL BELT 56.750 IN LENGHT	\$ 15	1179	150	\$ 14,95	\$ 17.626,05	\$ 1.014.832,88	48%	A
19	RESISTENCIA RETAINER M3E1R103	\$ 244	68	2	\$ 244,05	\$ 16.595,40	\$ 1.031.428,28	49%	A
20	FIBER OPTIC 400UM X 5M 4-60099-01	\$ 3.300	5	1	\$ 3.300,38	\$ 16.501,90	\$ 1.047.930,18	50%	A
21	COUPLING 0.25 X 0.25	\$ 178	91	75	\$ 178,40	\$ 16.234,40	\$ 1.064.164,58	51%	B
22	DRIVE WHEEL 90881613 PAG 1	\$ 28	545	60	\$ 30,00	\$ 15.339,03	\$ 1.079.503,61	51%	B
23	CUTTER BLADE 90986225 PAG 1	\$ 450	33	16	\$ 450,00	\$ 14.850,00	\$ 1.094.353,61	52%	B
24	RUBBER PAD 7 FRENCH (DIES) K13955	\$ 52	270	58	\$ 52,00	\$ 14.040,00	\$ 1.108.393,61	53%	B
25	RJ4 GP STAMPING DIE 90474552-P03-PAG01	\$ 75	182	57	\$ 75,00	\$ 13.650,00	\$ 1.122.043,61	53%	B
26	TRIMMER BLADE RJ4 NEW 90031389-PAG02	\$ 59	227	43	\$ 0,01	\$ 13.433,86	\$ 1.135.477,47	54%	B
27	806-00005 UV WAND, DUAL LEG, POWER FIBER	\$ 2.567	5	4	\$ 2.566,80	\$ 12.834,00	\$ 1.148.311,47	55%	B
28	RETAINER (REPARADO) 90878924 PAG 1	\$ 1.147	11	1	\$ 1.147,13	\$ 12.618,43	\$ 1.160.929,90	55%	B
29	CAMARA DE INSPECCION KEYENCE XG 200M NA	\$ 6.136	2	2	\$ 6.135,94	\$ 12.271,88	\$ 1.173.201,77	56%	B
30	HEATER ASSEMBLY COMPLETE QBSCR01-075	\$ 358	32	11	\$ 358,10	\$ 11.459,20	\$ 1.184.660,97	56%	B
31	BRASS TENSION BUSHING FOR HOT STAMPER	\$ 85	131	39	\$ 64,00	\$ 11.135,00	\$ 1.195.795,97	57%	B
32	OZONO FILTER CARTRIDGE 320 181651	\$ 1.390	8	2	\$ 1.390,00	\$ 11.120,00	\$ 1.206.915,97	57%	B
33	Z- BENDING DIES 0.09 90031391-PAG01	\$ 59	187	98	\$ 0,01	\$ 11.033,00	\$ 1.217.948,97	58%	B
34	RODILLO PARA 12UP DW90593178-P06	\$ 108	98	19	\$ 92,07	\$ 10.597,95	\$ 1.228.546,92	58%	B
35	BODY (RETRABAJADOS) 71801001	\$ 2.091	5	7	\$ 2.091,34	\$ 10.456,70	\$ 1.239.003,62	59%	B
36	HYSTERISIS CLUTCH HC-458	\$ 485	21	1	\$ 485,21	\$ 10.189,41	\$ 1.249.193,03	59%	B
37	FIBER OPTIC 4-60255-01	\$ 3.265	3	2	\$ 3.265,03	\$ 9.795,09	\$ 1.258.988,12	60%	B
38	GRINDING PIN 0.0375 90291268-PAG01	\$ 21	443	1	\$ 52,60	\$ 9.480,20	\$ 1.268.468,32	60%	B
39	PARALLEL GRIPPER RP5	\$ 484	19	6	\$ 512,63	\$ 9.188,40	\$ 1.277.656,72	61%	B
40	DRIVE IDLER ROLLER (RUBBER ONLY) 5350054	\$ 47	197	56	\$ 46,55	\$ 9.170,35	\$ 1.286.827,07	61%	B
41	FLASH LAMP 435-195	\$ 1.420	6	3	\$ 1.420,00	\$ 8.520,00	\$ 1.295.347,07	62%	B
42	SWAGING DIE CUSTOM-SIZED SFB S054-0780	\$ 2.080	4	6	\$ 2.080,00	\$ 8.320,00	\$ 1.303.667,07	62%	B
43	DRIVER DE LA CAMARA MODELO XG- 7502 NA	\$ 8.256	1	1	\$ 8.255,63	\$ 8.255,63	\$ 1.311.922,69	62%	B
44	INDENTER SNARE MH750-326	\$ 24	339	249	\$ 24,20	\$ 8.203,80	\$ 1.320.126,49	63%	B
45	BANDA	\$ 328	25	1	\$ 328,00	\$ 8.200,00	\$ 1.328.326,49	63%	B
46	CARBIDE BLADES (CUCHILLAS CARBURO) C200	\$ 997	8	48	\$ 996,72	\$ 7.973,76	\$ 1.336.300,25	64%	B
47	CARBIDE INSERT GUIDE 90447412-P3- PAG08	\$ 191	41	34	\$ 190,61	\$ 7.815,00	\$ 1.344.115,26	64%	B
48	SERVO DRIVE MODEL PC833-001-T	\$ 1.898	4	1	\$ 4.647,85	\$ 7.592,00	\$ 1.351.707,26	64%	B
49	FLARE TIP TYPE B 479272-04-PAG02	\$ 11	660	10	\$ 16,50	\$ 7.458,00	\$ 1.359.165,26	65%	B
50	RODILLO PARA 12UP 90654223-P31- PAG13	\$ 92	81	13	\$ 0,01	\$ 7.452,00	\$ 1.366.617,26	65%	B
51	EJE DELANTERO WINDING 90826975- PAG01	\$ 17	414	54	\$ 43,69	\$ 7.199,46	\$ 1.373.816,72	65%	B

52	RUBBER PAD 10 FRENCH (DIES) K13956	\$ 52	138	90	\$ 52,00	\$ 7.176,00	\$ 1.380.992,72	66%	B
53	P1004237 PRINTHEAD 300DPI 170X14	\$ 825	8	8	\$ 825,00	\$ 6.600,00	\$ 1.387.592,72	66%	B
54	D125 ROLLER CLUTCH TINYCLUTCH SIZE 0.5IN	\$ 161	41	3	\$ 145,83	\$ 6.586,65	\$ 1.394.179,37	66%	B
55	GRIPPER RPM-1M	\$ 543	12	5	\$ 570,02	\$ 6.511,20	\$ 1.400.690,57	67%	B
56	0372-01 COLLET CLOSER	\$ 1.613	4	4	\$ 1.612,60	\$ 6.450,40	\$ 1.407.140,97	67%	B
57	6541005 ELECTRODE ASSEMBLY SIZE 0.046	\$ 1.290	5	3	\$ 1.289,60	\$ 6.448,00	\$ 1.413.588,97	67%	B
58	SWAGING DIE CUSTOM-SIZED SFB S054-0940	\$ 2.080	3	4	\$ 2.080,00	\$ 6.240,00	\$ 1.419.828,97	68%	B
59	806-00011 LIGHTGUIDE, FIBER 5MMX1000MM	\$ 2.009	3	16	\$ 2.008,80	\$ 6.026,40	\$ 1.425.855,37	68%	B
60	PIN TRIMMER 90835488 PAG 1	\$ 108	55	30	\$ 0,01	\$ 5.956,50	\$ 1.431.811,87	68%	B
61	GRIPPER JAW 3RD ROTATION QBSCR01-M-261B	\$ 585	10	15	\$ 585,00	\$ 5.850,00	\$ 1.437.661,87	68%	B
62	STRAIGHT BLADE SS525020	\$ 23	250	30	\$ 7,28	\$ 5.774,53	\$ 1.443.436,39	69%	B
63	145894 LF120P-A ESD BRUSHLESS DRIVER	\$ 695	8	6	#NA	\$ 5.560,00	\$ 1.448.996,39	69%	B
64	VACUUM CLEANER 1790132	\$ 2.775	2	1	\$ 2.775,00	\$ 5.550,00	\$ 1.454.546,39	69%	B
65	ION EXCHANGE RESIN 318-024	\$ 389	14	6	\$ 388,54	\$ 5.439,56	\$ 1.459.985,95	69%	B
66	R.F. GENERATOR HEAT STATION 1500 101092 PEN TIP, SLOTTED, PLASMA PEN	\$ 5.422	1	1	\$ 5.421,80	\$ 5.421,80	\$ 1.465.407,75	70%	B
67	SENSOR FU-35FA	\$ 80	66	12	\$ 79,99	\$ 5.279,34	\$ 1.476.052,25	70%	B
69	INSERT HOLDER UNA 3 PASOS 91009874 PAG 1	\$ 61	84	72	\$ 0,01	\$ 5.124,00	\$ 1.481.176,25	70%	B
70	IS7200-01 IS7200 WITHOUT PATMAX, C-MOUNT	\$ 4.989	1	1	\$ 4.989,45	\$ 4.989,45	\$ 1.486.165,70	71%	B
71	GRINDING PIN 0.0320 GP 90553705-PAG01	\$ 31	157	24	\$ 31,25	\$ 4.906,00	\$ 1.491.071,70	71%	B
72	CONTROL BOARD AB7090-1	\$ 2.446	2	2	\$ 2.445,85	\$ 4.891,70	\$ 1.495.963,40	71%	B
73	PROXIMITY SWITCH. 5 TO 24 VDC E2EC-CR5B1	\$ 163	28	3	\$ 163,28	\$ 4.571,84	\$ 1.500.535,24	71%	B
74	SUCTION CUP 1-3/8 A-30	\$ 31	147	81	\$ 30,88	\$ 4.539,36	\$ 1.505.074,60	72%	B
75	AGUJA BULLET STATION DW90260972-P08	\$ 90	50	40	\$ 90,00	\$ 4.500,00	\$ 1.509.574,60	72%	B
76	RETRACT WHEEL 90986242 PAG 1	\$ 742	6	4	\$ 742,00	\$ 4.452,00	\$ 1.514.026,60	72%	B
77	SOLID STATE SWITCH D-M9PWSAPC	\$ 50	87	87	\$ 49,77	\$ 4.329,99	\$ 1.518.356,59	72%	B
78	MONITOR LCD 15IN 45M15	\$ 617	7	1	\$ 616,51	\$ 4.315,57	\$ 1.522.672,16	72%	B
79	INSERT PIN 90456843 PAG 4	\$ 10	399	11	\$ 10,40	\$ 4.149,60	\$ 1.526.821,76	73%	B
80	COIL NEST ASSEMBLY RIGHT BSCR101-A4-R	\$ 1.350	3	3	\$ 1.350,00	\$ 4.050,00	\$ 1.530.871,76	73%	B
81	LUZ DE LED MICROSCOPIO VISION SX80	\$ 498	8	8	\$ 497,50	\$ 3.980,00	\$ 1.534.851,76	73%	B
82	COLLET 1C 0.034 IN.	\$ 180	22	24	\$ 179,53	\$ 3.949,66	\$ 1.538.801,42	73%	B
83	BATTERY SR44 1.5V SILVER CELL	\$ 28	134	116	\$ 28,49	\$ 3.817,66	\$ 1.542.619,08	73%	B
84	ADHESIVE DISPENSER PERFORMUS VII	\$ 1.887	2	1	\$ 1.887,00	\$ 3.774,00	\$ 1.546.393,08	74%	B
85	EYELET RIVETER PIN 90456843-PAG01	\$ 53	69	165	\$ 52,80	\$ 3.643,39	\$ 1.550.036,47	74%	B
86	MAGNIFYING LIGHT LSM-181	\$ 182	20	6	\$ 181,81	\$ 3.636,20	\$ 1.553.672,67	74%	B
87	NA TAPA DE CHUCK RECUBIERTO DE HULE	\$ 8	468	161	\$ -	\$ 3.556,80	\$ 1.557.229,47	74%	B
88	MAIN BOARD XIII PLUS 4MB34901-930M	\$ 1.767	2	2	\$ 1.767,14	\$ 3.534,28	\$ 1.560.763,75	74%	B

89	NEST S-BENDER 90030568-PAG27	\$ 40	88	21	\$ 0,01	\$ 3.529,17	\$ 1.564.292,92	74%	B
90	101101492 FLOW PLATE, LAMP	\$ 703	5	3	\$ 703,01	\$ 3.515,05	\$ 1.567.807,97	75%	B
91	LAMPARA COMPLETA DISTAL IL-FR-24	\$ 184	19	4	\$ 183,74	\$ 3.491,06	\$ 1.571.299,03	75%	B
92	CHECKER 4G7 CAMARA	\$ 1.736	2	2	\$ 1.736,00	\$ 3.472,00	\$ 1.574.771,03	75%	B
93	131100043 SC18, FLASH LAMP	\$ 561	6	6	\$ 561,49	\$ 3.368,94	\$ 1.578.139,97	75%	B
94	REAR INSULATOR CERAMICA 700957-00 PAG 5	\$ 133	25	5	\$ 132,60	\$ 3.315,00	\$ 1.581.454,97	75%	B
95	FRONT INSULATOR CERAMICA 700957-00 PAG 6	\$ 133	25	5	\$ 132,60	\$ 3.315,00	\$ 1.584.769,97	75%	B
96	SOLID STATE SWITCH D-M9PWVSAPC 326343 COMPACT MOTOR-DRIVE-SLAVE VERSION	\$ 49	67	74	\$ 49,45	\$ 3.313,15	\$ 1.588.083,12	76%	B
97	TI SKIVE BLADE HO1251225	\$ 1.635	2	1	\$ 1.635,25	\$ 3.270,50	\$ 1.591.353,62	76%	B
98	GRIPPER JCH11	\$ 153	21	41	\$ 0,01	\$ 3.222,87	\$ 1.594.576,49	76%	B
99	OMRON SENSOR E2E-X2MY1	\$ 1.579	2	4	\$ 1.578,74	\$ 3.157,48	\$ 1.597.733,97	76%	B
100	PIN MOVIL 12 MM CRIMPER DW90773379-P01	\$ 90	34	9	\$ 90,16	\$ 3.065,44	\$ 1.600.799,41	76%	B
101	CYLINDER MH22-10D	\$ 60	50	6	\$ 21,06	\$ 3.000,00	\$ 1.603.799,41	76%	B
102	RESORTE MOD CS-58-10	\$ 231	13	15	\$ 230,70	\$ 2.999,10	\$ 1.606.798,51	76%	B
103	1A1-CBN GRINDING WHEEL TYPE DIAMOND	\$ 28	106	7	\$ 28,26	\$ 2.995,56	\$ 1.609.794,07	77%	B
104	SPINDLE BEARING CARTRIDGE ASSMBLY 471649	\$ 225	13	5	\$ 224,75	\$ 2.921,75	\$ 1.612.715,82	77%	B
105	810-00048 CURE RING WHIT SLIT	\$ 972	3	4	\$ 972,00	\$ 2.916,00	\$ 1.615.631,82	77%	B
106	2006183 AMPLIFIER DRIVE, EZINCH	\$ 2.907	1	1	\$ 2.907,18	\$ 2.907,18	\$ 1.618.539,00	77%	B
107	CUCHILLA S-BEND RJ4 RIGHT 90030568-PAG64	\$ 181	16	2	\$ 180,78	\$ 2.892,48	\$ 1.621.431,48	77%	B
108	COLLET 1C 0.037 IN.	\$ 38	75	15	\$ 0,01	\$ 2.883,74	\$ 1.624.315,22	77%	B
109	GEMINI DIGITALSERVO DRIVE GV6K-L3E 741V ADJUSTABLE NEEDLE VALVE 7021235	\$ 180	16	9	\$ 179,53	\$ 2.872,48	\$ 1.627.187,70	77%	B
110	LINEAR BEARING THOMPSON 16-OPN	\$ 2.847	1	1	\$ 0,01	\$ 2.847,14	\$ 1.630.034,84	77%	B
111	VALVULA DE VACIO NZM131HT-J5L 24V DC SMC	\$ 1.418	2	6	\$ 1.418,38	\$ 2.836,76	\$ 1.632.871,60	78%	B
112	COIL NEST ASSEMBLY LEFT BSCR101-A4-L	\$ 63	45	26	\$ 62,98	\$ 2.834,10	\$ 1.635.705,70	78%	B
113	AB6628-277 RF ANTENA	\$ 306	9	2	\$ 305,83	\$ 2.752,47	\$ 1.638.458,17	78%	B
114	YSK004-002AH SOCKET, FEMALE	\$ 1.350	2	3	\$ 1.350,00	\$ 2.700,00	\$ 1.641.158,17	78%	B
115	MELT N SQUEEZE DIE LEFT DW90205183-P04	\$ 895	3	3	\$ 895,28	\$ 2.685,84	\$ 1.643.844,01	78%	B
116	BACKLIGHT CA-DSW15	\$ 14	186	50	\$ 14,08	\$ 2.618,88	\$ 1.646.462,89	78%	B
117	MELT N SQUEEZE DIE RIGHT DW90205183-P02	\$ 39	66	27	\$ 0,01	\$ 2.602,57	\$ 1.649.065,46	78%	B
118	ROLLER HOLDER 90609648-PAG33	\$ 2.591	1	1	\$ 2.590,87	\$ 2.590,87	\$ 1.651.656,33	79%	B
119	LEFT BLADE MULTIBITE 90240813-PAG12	\$ 128	20	20	\$ 0,01	\$ 2.560,00	\$ 1.654.216,33	79%	B
120	BOARD,INTERGRATED CIRCUIT,FOR 212002	\$ 36	70	28	\$ 0,01	\$ 2.554,96	\$ 1.656.771,29	79%	B
121	CAUTIN FE75	\$ 85	30	30	\$ 0,01	\$ 2.550,00	\$ 1.659.321,29	79%	B
122	ROLLER MISUMI RORUA 25-20	\$ 849	3	3	\$ 849,40	\$ 2.548,20	\$ 1.661.869,49	79%	B
123	SPINDLE BEARING CARTRIDGE ASSMBLY 471643	\$ 168	15	1	\$ 168,43	\$ 2.526,45	\$ 1.664.395,94	79%	B
124	ROLLER MISUMI RORUA 25-20	\$ 120	21	6	\$ 119,83	\$ 2.516,43	\$ 1.666.912,37	79%	B
125	SPINDLE BEARING CARTRIDGE ASSMBLY 471643	\$ 838	3	4	\$ 838,00	\$ 2.514,00	\$ 1.669.426,37	79%	B

126	POSITIONER K1260-S	\$ 64	39	46	\$ 63,75	\$ 2.486,25	\$ 1.671.912,62	79%	B
127	TERMOCOUPLE TYPE J ADTAP-2072	\$ 42	58	11	\$ 42,20	\$ 2.447,60	\$ 1.674.360,22	80%	B
128	HEATER 3,75in IDX 1,5in WIDE GHM4610028	\$ 346	7	17	\$ 346,30	\$ 2.424,10	\$ 1.676.784,32	80%	B
129	PISTON SPRING 2 STROKE NON ROTATE 012-NR	\$ 26	92	10	\$ 26,00	\$ 2.392,00	\$ 1.679.176,32	80%	B
130	CERAMIC ELECTRODE 20 X 20 X 80 P27769005	\$ 2.382	1	1	\$ 2.382,30	\$ 2.382,30	\$ 1.681.558,62	80%	B
131	IN-SIGHT 7000 SERIES CAMERA IS7010- 01	\$ 2.373	1	4	\$ 2.372,85	\$ 2.372,85	\$ 1.683.931,47	80%	C
132	NOSE SLIDE BLOCK 90115860-PAG17	\$ 180	13	13	\$ 0,01	\$ 2.340,00	\$ 1.686.271,47	80%	C
133	THERMOCOPLA RETRACTABLE RM4222-05	\$ 291	8	13	\$ 290,83	\$ 2.326,64	\$ 1.688.598,11	80%	C
134	DISPENSETTE III DE 0.2 A 2 ML, 4700 121	\$ 580	4	4	\$ 580,00	\$ 2.320,00	\$ 1.690.918,11	80%	C
135	IMS MOTOR, STEP 2 PHASE MDM1FSD17C4	\$ 288	8	2	\$ 286,86	\$ 2.304,24	\$ 1.693.222,35	80%	C
136	RODILLO ARRASTRE EXTRUSOR	\$ 104	22	4	\$ 0,01	\$ 2.293,51	\$ 1.695.515,86	81%	C
137	PACKAGED CONTROLLERS 1769-L23E- QB1B	\$ 2.287	1	2	\$ 1.858,33	\$ 2.287,16	\$ 1.697.803,02	81%	C
138	SLF-10-20-P-A MINI CARRO	\$ 752	3	2	\$ 752,19	\$ 2.256,57	\$ 1.700.059,59	81%	C
139	GRIPPER PAD RA-10	\$ 322	7	1	\$ 322,00	\$ 2.254,00	\$ 1.702.313,59	81%	C
140	ORIENTATION BAR ITEM 4 700978-00- PAG03	\$ 70	32	3	\$ 70,12	\$ 2.243,94	\$ 1.704.557,53	81%	C
141	120106212 LED LIGHT ARRAY	\$ 2.220	1	2	\$ 2.220,48	\$ 2.220,48	\$ 1.706.778,01	81%	C
142	RODILLO ESTAMPADORA	\$ 43	51	17	\$ 43,43	\$ 2.214,96	\$ 1.708.992,97	81%	C
143	CLEANROOM FILTER CAR 115V 8883- 0921-P1	\$ 439	5	17	\$ 438,92	\$ 2.194,60	\$ 1.711.187,57	81%	C
144	ARANDELA PLANA 91950A027	\$ 17	128	265	\$ 17,12	\$ 2.191,36	\$ 1.713.378,93	81%	C
145	DRIVE ROLLER 7350205-1	\$ 115	19	139	\$ 115,00	\$ 2.185,00	\$ 1.715.563,93	82%	C
146	GRIPPER RP-10	\$ 544	4	7	\$ 544,00	\$ 2.176,00	\$ 1.717.739,93	82%	C
147	HEAT GUN HG2310LCD	\$ 434	5	3	\$ 434,00	\$ 2.170,00	\$ 1.719.909,93	82%	C
148	CLAMP SCREW 0.5 13 HILOS	\$ 125	17	77	\$ 124,81	\$ 2.121,73	\$ 1.722.031,66	82%	C
149	MOTOR MDM1FSD23B7	\$ 302	7	1	\$ 302,35	\$ 2.116,45	\$ 1.724.148,11	82%	C
150	FUNNEL CAP 7016270	\$ 16	130	80	\$ 16,28	\$ 2.116,40	\$ 1.726.264,51	82%	C
151	HEATER BAND MICA BODY 740W-220V M3E4J113	\$ 423	5	3	\$ 422,94	\$ 2.114,70	\$ 1.728.379,21	82%	C
152	SWAGING DIE CUSTOM-SIZED SFB S054-1040	\$ 2.080	1	3	\$ 2.080,00	\$ 2.080,00	\$ 1.730.459,21	82%	C
153	PISTON FO-042	\$ 58	35	8	\$ 62,02	\$ 2.033,50	\$ 1.732.492,71	82%	C
154	SPACER BEARING 90154888-PAG01	\$ 46	44	37	\$ 0,01	\$ 2.024,00	\$ 1.734.516,71	82%	C
155	REPLACEMENT FILTER CARTRIDGE 01727631	\$ 287	7	13	\$ 286,90	\$ 2.008,30	\$ 1.736.525,01	83%	C
156	FIBER OPTIC COAX E32-D32L	\$ 153	13	8	\$ 153,34	\$ 1.993,42	\$ 1.738.518,43	83%	C
157	CHART RECORDER KT622	\$ 498	4	3	\$ 498,30	\$ 1.993,20	\$ 1.740.511,63	83%	C
158	CASE HARD 15 DEG. JAW MCD-1CH (174-431)	\$ 658	3	14	\$ 657,77	\$ 1.973,31	\$ 1.742.484,94	83%	C
159	BLADE SHEAR BLOCK 90240811-PAG14	\$ 49	40	40	\$ 0,01	\$ 1.960,00	\$ 1.744.444,94	83%	C
160	EYELET SNAP PIN 90511147-PAG01	\$ 43	46	40	\$ 42,60	\$ 1.959,54	\$ 1.746.404,47	83%	C
161	RODILLO DE ESTAMPADORA 48461149- 01	\$ 2	1191	43	\$ 1,62	\$ 1.928,82	\$ 1.748.333,30	83%	C
162	SPACER BLOCK 90115860-PAG23	\$ 49	39	39	\$ 0,01	\$ 1.911,00	\$ 1.750.244,30	83%	C

163	PICKER GUIDE 90876058	\$ 11	178	5	#NA	\$ 1.904,60	\$ 1.752.148,90	83%	C
164	STAINLESS STEEL DOWEL PIN 90145A318	\$ 14	131	6	\$ 14,40	\$ 1.886,40	\$ 1.754.035,30	83%	C
165	STATIONARY BLADE GO 11004	\$ 269	7	1	\$ 268,60	\$ 1.880,20	\$ 1.755.915,50	83%	C
166	FLUORECENTE CIRC BASE BLANCA IL- FR-24B	\$ 62	30	25	\$ 62,25	\$ 1.867,50	\$ 1.757.783,00	84%	C
167	TUERCA DE SEGURIDAD 10-32 SS 91831A411	\$ 15	125	289	\$ 14,93	\$ 1.866,25	\$ 1.759.649,25	84%	C
168	CAMERA ACA1300-30GC	\$ 927	2	2	\$ 927,32	\$ 1.854,64	\$ 1.761.503,89	84%	C
169	LIGHT SOURCE 2X2 A08920	\$ 363	5	3	\$ 363,48	\$ 1.817,40	\$ 1.763.321,29	84%	C
170	475-087 LENTE PARA COLIMADOR 30MM X 1MM	\$ 20	90	511	\$ 25,35	\$ 1.800,00	\$ 1.765.121,29	84%	C
171	RODILLO DE ESTAMPADORA 48461149- 02	\$ 2	896	61	\$ 2,01	\$ 1.797,20	\$ 1.766.918,48	84%	C
172	GRIPPER RPL-2	\$ 449	4	4	\$ 449,15	\$ 1.796,60	\$ 1.768.715,08	84%	C
173	WHEEL, ASSY K-6898	\$ 597	3	3	\$ 596,81	\$ 1.790,43	\$ 1.770.505,51	84%	C
174	CINTAS POUCH UPPER GLASS 33IN 266735	\$ 135	13	9	\$ 135,40	\$ 1.760,20	\$ 1.772.265,71	84%	C
175	PZB64 300345 MANDRILL 3 MUELAS	\$ 1.729	1	1	\$ 1.728,56	\$ 1.728,56	\$ 1.773.994,27	84%	C
176	HYPOTUBE J FORMING DW90006897- P01	\$ 25	69	10	\$ 0,01	\$ 1.725,00	\$ 1.775.719,27	84%	C
177	SEAL ROLLER 3100	\$ 16	111	39	\$ 10,50	\$ 1.720,50	\$ 1.777.439,77	85%	C