

Universidad de Costa Rica

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Industrial

Proyecto de Graduación

Diseño de un sistema de gestión de inventarios para una  
empresa de industria médica

Mónica García Madrigal B02549






Rafael Jiménez Monge B03282

Alberto Moreira Víquez A94266

Para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial

Noviembre, 2016

# Aprobación del proyecto

Miembro del Tribunal	Firma	Fecha
Inga. Paola Gamboa Hernández <i>Representante de la Dirección</i>		16/11/2016
Ing. Férrnan Cañas Coto <i>Director del Comité Asesor</i>		16-11-16
Ing. Jonathan Vásquez Paniagua <i>Asesor Técnico</i>		16-11-16
MCE. Daniela Hidalgo González <i>Contraparte, Boston Scientific</i>		16-Nov 2016
Ing. José Roig Zamora <i>Profesor Lector</i>		16-11-16

# Dedicatoria

Alberto Moreira Víquez

Dedico esta tesis a mi familia y amigos que gracias a su apoyo pude concluir mi carrera y finalizar esta importante etapa en mi vida. A mis padres y hermana agradezco por su confianza, consejos y brindarme los recursos y herramientas necesarias para alcanzar y cumplir los objetivos que a través de las diferentes etapas universitarias se presentaron. A mis compañeros universitarios que con el pasar del tiempo se convirtieron en amigos y fueron parte clave del éxito en este proceso. A Mo y Rafa que con su dedicación, entrega y compromiso logramos alcanzar el objetivo final de poder graduarnos. A todo los demás familiares, amigos y profesores que de una u otra manera me permitieron convertirme en un Ingeniero Industrial.

Mónica García Madrigal

Esta tesis se la dedico a mis padres y a toda mi familia, que a lo largo de mi vida y de esta carrera universitaria siempre me apoyaron para continuar y poder llegar hasta el final de esta linda etapa. Además, se la dedico a mis compañeros industriales, en especial se lo dedico a mis compañeros de proyecto, ya que todos ellos hicieron de la universidad una época inolvidable, de la que me llevo muy buenos recuerdos y además siempre fueron un apoyo en todos los momentos difíciles de la carrera. Asimismo, le dedico esta tesis a la UCR que nos brindó el privilegio de poder estudiar y a nuestros profesores que nos brindaron el conocimiento necesario para poder concluir con éxito esta etapa.

Rafael Jiménez Monge

Esta tesis se la dedico a toda mi familia, especialmente a Igi que con su apoyo incondicional y consejos fue la guía para poder lograr este objetivo. Al equipo de tesis y todos mis compañeros les agradezco todo su esfuerzo durante la carrera y por hacer inolvidable esta experiencia.

## Resumen Gerencial

El presente proyecto se desarrolla en la empresa Boston Scientific, ubicada en el Coyoil de Alajuela y se enfoca en el Departamento de logística, el cual cuenta con aproximadamente cuarenta empleados que trabajan dos turnos al día y seis días de la semana.

Para el comienzo del proyecto se realiza una evaluación de la situación actual de la bodega de materia prima, en busca de una problemática que afecte a la empresa y que se le pueda desarrollar una mejora. Conforme la evaluación de los datos brindados por la organización, se encuentra que se tiene una productividad de 1,07 tarimas por hora hombre, que a su vez presenta una desviación estándar de 0,44 tarimas por hora, por lo que se puede notar la alta variabilidad que se presenta en este indicador, lo que dificulta planificar y tener control sobre el mismo.

Posteriormente se continúa con la evaluación de la empresa y se estudian los datos del 2014 del *dock to stock time* (DST), obteniendo como resultado, que se posee una media de 7,07 días y una desviación de 4,87 días, es decir la variación representa un 68,8% de la media. Esta desviación constituye una alta variabilidad en el proceso de recibo de materias primas, lo que significa una problemática para la empresa, ya que puede simbolizar un uso ineficiente de los recursos de los que se dispone para realizar este proceso. De igual manera, la compañía cuenta con una meta de ocho días para completar este indicador, por lo que se realiza un análisis de los datos del 2014 y se encuentra que no se cumplió en un 36% de las semanas.

Seguidamente se estudia la utilización de la bodega, para este indicador se encuentra que la empresa posee una capacidad de 1167 posiciones de paletas en su bodega de materia prima, estas posiciones se encontraron con una utilización promedio de 96% de septiembre del 2014 a septiembre del 2015. Sin embargo, esta utilización no toma en cuenta las 200 posiciones que tiene ocupadas el almacén fiscal, por lo que, si se considerara el total de las posiciones ocupadas por el inventario, se obtendría una utilización mayor al 100% de la capacidad de la bodega en todas las semanas del año.

A partir de los resultados obtenidos, se decide estudiar además, la cantidad de veces que el inventario es reemplazado durante cierto periodo de tiempo, por lo que se analiza el indicador de *inventory turnover*. Se estudian los datos del 2014 y se obtiene que el total del inventario de la bodega de materia prima de *Boston Scientific El Coyoil*, es reemplazado cada 8,7 meses. El indicador de BSC Corporación es un reemplazo del inventario en cada 5 meses, por lo que al comparar ambos, se presenta una diferencia de 3,7 meses de duración de almacenamiento del inventario.

Todas estas problemáticas encontradas, generan costos asociados de: el pago de almacenamiento externo, las multas por retraso en los contenedores y el pago de horas extras a los operarios, sumando un valor de \$45.188,71 en el 2014. Según información brindada por la organización, el costo total de operación de la bodega es de \$393.772.00 anuales, por lo que los costos de las problemáticas encontradas representarían un 11,47% aproximadamente de los de operación, es decir 1,37 meses de operación.

A partir de lo anteriormente mencionado, se determina que el alto de requerimiento de espacio de almacenamiento, así como la variabilidad en el rendimiento de los procesos de la bodega de BSC El Coyoil, es la problemática que se decide abarcar en el proyecto.

Una vez determinada la problemática por estudiar, se inicia con la etapa de diagnóstico de la empresa, la cual se divide en tres argumentos principales: la variabilidad en el proceso de recibo, el análisis de la composición de la bodega y el análisis del proceso de gestión de inventarios.

Para el estudio de los posibles factores que generen la variabilidad del proceso de recibo, se realiza un diagrama Ishikawa utilizando los aspectos de: los materiales, los métodos, la maquinaria y la mano de obra utilizados para llevar a cabo el proceso de recibo de las materias primas. Una vez realizado el análisis de los factores empleados en el Ishikawa, se determina que el factor de mano de obra no influye en la variabilidad del proceso de recibo, debido a que la diferencia de productividad entre los turnos de trabajo es de menos del diez por ciento. Así mismo, se determina que el factor de maquinaria tampoco influye en la variabilidad del recibo, debido a que es la misma para ambos turnos y para todos los materiales. Además, al estudiar el factor de método, se encuentra que tampoco genera variabilidad, debido a que en el análisis de Anova se generan R2 menores a 15,60%, lo que significa que este factor explica un porcentaje muy bajo de la variabilidad total del proceso.

Cuando se realiza el estudio del material de recibo, se encuentra que este método depende de la materia prima que se recibe, por lo que se clasifica en cuatro procesos distintos. Estos procesos son: general, metales preciosos, paquetería y químicos, los cuales presentan un aumento de tiempo con respecto al proceso general de 34,41%, 28,33% y 43,57% respectivamente, lo que significa que el material de recibo es un factor generador de la variabilidad del proceso de recibo. Al estudiar estos procesos, se encuentra que uno de cada cuatro recibos que se realizan en la bodega, es perteneciente a alguna de estas familias, por lo que se procede a realizar un análisis de cada una de las mismas, sin embargo, se determina que la variabilidad del proceso de recibo es inherente al mismo, ya que, al recibirse diferentes familias de materias primas, esta es la fuente principal de variabilidad.

La primera familia que se estudia es la de metales preciosos, para la que se determina que el proceso no posee variabilidad dentro de él mismo, ya que todos los materiales son recibidos de igual manera y todos siguen el mismo procedimiento. Seguidamente, se realiza el análisis del recibo de paquetería, compuesta por los recibos que realizan al separar por lotes las materias primas y cuando esta es proveniente de un mismo lote. Esta diferencia depende del proveedor específicamente, y de sus políticas y del inventario que posea y que envíe a la empresa, por lo que se concluye que en esta familia sí se presenta variabilidad.

La última familia que se estudia es la de químicos, dividida por los materiales que vienen con rombo de seguridad (4,35%) y los que no lo poseen (95,65%), el pegar el rombo a la materia prima toma una duración de diez minutos aproximadamente. Además, dentro de estas familias se tiene dos subfamilias más, las que se almacenan en CHE2, que genera aumentos de tres minutos, y las que se almacenan en CHE3, que genera aumentos de ocho minutos. Por este motivo se concluye que dentro del proceso de recepción de químicos, existe variabilidad.

Una vez estudiados los factores que generan la variabilidad en el proceso de recibo, se estudia la composición del inventario de la bodega de materia prima, para lo que se delimita que se estudiarán los metales, los materiales de empaque, los plásticos y los químicos que se encuentran ligados a productos terminados. Una vez realizada esta delimitación, se define que el estudio se debe concentrar únicamente en 981 materiales almacenados en la bodega de BSC.

Seguidamente, se realiza una categorización del inventario, utilizando los criterios de rotación volumétrica y costos, obteniendo como resultado de esta categorización que la mayoría de los productos son pequeños (96% de los estudiados), por lo cual requieren poco espacio, sin embargo, estos poseen altos costos, debido a que la mayoría de los materiales grandes son de empaque y tienen costos muy bajos para la empresa.

Al realizar el perfilado de actividades se utiliza como criterio que los materiales A abarcan un 96% del parámetro en estudio, los B completan el 80% y los C el 20% final. Realizado este análisis, se determina que un cuatro por ciento de los SKU's (35 materias primas) representan la clase A, es decir un 80% de la rotación volumétrica en la bodega se encuentra relacionada en apenas un porcentaje muy bajo de las materias primas, pero no así de la misma manera en el valor del inventario, ya que este cuatro por ciento de las materias primas apenas representa un 12,63% del valor del inventario, debido a que como se menciona los materiales de mayor tamaño o volumen son materiales de empaque que poseen bajo costo. Con respecto a esos hallazgos, se determina que el valor del inventario de la bodega se encuentra en productos de bajo tamaño o poco volumen y un alto costo.

El último factor que se estudia en la etapa de diagnóstico es el de análisis del proceso de gestión de inventarios, en el que se realiza primeramente un análisis de proceso de compras, seguido por un análisis de la política de inventarios de los materiales. Al estudiar el proceso de compras se encuentra que la planeación de los inventarios se realiza de manera *pull*, sin embargo, se busca no consumir el inventario de seguridad, el que además se encuentra que es determinado de forma no estandarizada por los compradores.

A partir de esta información encontrada sobre los inventarios de seguridad, se decide estudiar los mismos, encontrando que un 80% de las materias primas consumieron menos del 30% de su inventario de seguridad, es decir el 70% de este inventario no es utilizado por la empresa, lo que representa aproximadamente 166 tarimas en promedio destinadas a este inventario. Estas tarimas son ocasionadas por el cálculo inadecuado del *stock* de seguridad, el cual genera que se tenga este inventario mensualmente sin ser utilizado, ocupando posiciones dentro de la bodega de la empresa.

Conforme a los hallazgos encontrados en la etapa de diagnóstico, se determina como oportunidades de mejora, realizar un cálculo adecuado del inventario de seguridad, así como efectuar un análisis de los procedimientos de recibo, para determinar las actividades que contribuyen a la generación de variabilidad y buscar una forma de cambiarlas, de manera que disminuyan esta variabilidad.

Se da inicio a la etapa de diseño con la aplicación de la metodología DMAMC de seis sigmas con el fin de atacar el aspecto de la variabilidad del proceso de recibo. Las primeras etapas de esta metodología, es decir definir, medir y analizar ya fueron estudiadas en las partes anteriores del presente proyecto. Sin embargo, para la etapa de mejora se decide utilizar la metodología SMED y ECRS.

Al aplicar SMED se busca encontrar las actividades que puedan realizarse antes de que la carga o la materia prima llegue a la bodega con el objetivo de la liberación de capacidad, generando una manera más ágil de realizar el proceso, al disminuir el tiempo de manejo de material en la bodega, ya que se realiza el procesamiento de las materias antes de su arribo a la empresa. No obstante, es importante mencionar que estas actividades no generan una reducción en las horas hombre, debido a que este debe realizarse de igual manera, solamente que antes de tener la carga en la bodega. Caso contrario, al aplicar ECRS, en esta metodología las actividades sí son eliminadas por completo del proceso.

Los procesos que se obtienen una vez aplicados ECRS y SMED, se exponen en la empresa, para comprobar su factibilidad y cuando esta actividad se realiza, se plantean las propuestas finales de procesos de recibo para cada familia. En estos procesos propuestos, se logra una liberación de capacidad de cuatro actividades, tres de ellas en el proceso de recibo de químicos y una en el proceso general. Para la eliminación de actividades se consiguieron cuatro, dos actividades en el recibo de paquetería, una en metales preciosos y otra, en el proceso general.

Para alcanzar el indicador de utilización de bodega, se realiza una propuesta de modelo de reaprovisionamiento. El inicio de este modelo de reaprovisionamiento es una herramienta que genera el cálculo adecuado con base en la teoría y que es estandarizado del inventario de seguridad, es importante mencionar que esta herramienta es funcional para todas las materias primas de la bodega.

Seguidamente, se realiza una propuesta para el modelo de reabastecimiento tanto para los proveedores nacionales como para los extranjeros. Para el modelo de reaprovisionamiento de los proveedores nacionales, se define la utilización de las tarjetas Kan Ban, las que generan un pedido de dos semanas con un punto de reorden de una semana, con el fin de cubrir la demanda mientras el pedido es abastecido. El inicio del modelo se da cuando el proveedor entrega la materia prima a la bodega, en ese momento las unidades de KanBan se deben separar y colocarles sus respectivas tarjetas, los puntos de reorden deben fijarse por parte del Departamento de compras mediante una herramienta propuesta y deben ser brindados a la bodega. Cuando se haya consumido suficiente material hasta llegar a la tarjeta de KanBan, esta se entrega al Departamento de compras para que se realice una nueva orden de compra, que ingrese a la bodega antes de que se consuma el inventario restante de esta materia prima.

Respecto al modelo de reaprovisionamiento de los proveedores extranjeros se propone la utilización de los HUBs con los que cuentan algunos proveedores, ya que este servicio no tiene un costo adicional al material ni tampoco posee un rubro específico que deba pagar la organización por el almacenamiento y la organización cuenta con nueve proveedores con HUB. Con el fin de controlar el flujo de materias primas desde el HUB del proveedor a la bodega de la empresa, se establece la utilización de tarjetas de KanBan. Además, se define que el tamaño del KanBan es de un mes, equivalente al pedido al HUB, el punto de reorden del mismo sería de una semana, lo que cubre la demanda de producción mientras se entregan los materiales.

Al igual que para los proveedores nacionales, los puntos de reorden de los KanBanes deben ser fijados por el Departamento de compras con la ayuda de una herramienta destinada a este fin. El modelo propuesto consiste en almacenar en los HUB el inventario pedido en las órdenes de compra y mantener dentro de la bodega de BSC la cantidad necesaria de material para la producción a corto plazo, mientras que se consume el inventario hasta llegar a la tarjeta de KanBan, en este momento se debe entregar esta tarjeta a dicho departamento para que se realice la solicitud de más traslado de material desde el HUB.

Una vez realizadas las propuestas en la etapa de diseño, se procede a la etapa de validación del proyecto que tiene como propósito comprobar la mejora de la gestión de inventarios en BSC El Coyol. Para realizar la validación del diseño propuesto, se utiliza la herramienta de la Simulación MonteCarlo en el programa Risk, con el fin de generar numerosos escenarios con los procesos actuales y los propuestos y realizar su respectiva comparación.

Primeramente, se realiza la simulación del proceso de recibo para cada una de las familias estudiadas, para las cuales las variables de entrada del programa son las actividades de cada uno de los

procesos, y las variables de salida el tiempo total de recibo, debido que a este permite identificar la diferencia entre la duración actual y la propuesta. Posteriormente, se compara el tiempo esperado y la desviación estándar del proceso actual contra el propuesto, obteniendo para cada uno de los procesos disminución en estos parámetros con el nuevo proceso. Se realiza una sumatoria del ahorro económico resultado de la validación de los procesos 217 recibos más mensuales.

Para la realización de la validación del proceso de modelo de reaprovisionamiento, se establecen como variables de entrada: consumo, *lead time* y *stock* de seguridad, mientras que las variables de salida que se establecen son: *stockouts* y la cobertura. Posteriormente a la realización de las simulaciones, se obtiene como resultado para las materias primas, una reducción de la cobertura en un promedio 75,02%, donde se pasa de una cobertura promedio actual de a 2,08 a 1,52 semanas. Al mismo tiempo se observa que la probabilidad de que ocurra un *stockouts* es prácticamente nula.

Además, para las simulaciones del reabastecimiento de materiales importados se encuentra una disminución en la cobertura de 64% en promedio, es decir 2,69 semanas. Además, los resultados permiten observar que no existe una diferencia en la cantidad de *stockouts* que se registran entre el modelo de aprovisionamiento actual y el propuesto. La variable de salida de *stockouts* es de gran importancia, ya que permite observar que a pesar de que se genera una significativa disminución en la cobertura para ambos modelos, aún de esta manera sigue siendo un modelo sostenible, ya que no pone en riesgo el desabasto de materias primas en la bodega.



# Índice

Dedicatoria.....	iii
Resumen Gerencial.....	iv
Índice de cuadros.....	xiii
Índice de Figuras.....	xv
Índice de Gráficos.....	xvii
Abreviaturas y acrónimos.....	xviii
Introducción.....	19
Capítulo I. Propuesta de proyecto.....	21
1. Justificación del proyecto.....	21
1.1. Descripción de la empresa.....	21
1.2. Alcance.....	21
1.3. Problema.....	21
1.4. Justificación del problema.....	22
1.5. Descripción de los beneficios asociados al proyecto.....	26
1.5.1. Beneficios para la organización.....	26
1.5.2. Beneficios para la sociedad.....	26
2. Objetivo general e indicadores de éxito.....	26
2.1. Objetivo general.....	26
2.2. Indicadores de éxito.....	26
3. Limitaciones.....	27
4. Marco de referencia teórico.....	27
5. Metodología general.....	33
6. Cronograma de Trabajo.....	36
Capítulo II. Diagnóstico.....	37
7. Objetivos del diagnóstico.....	37
7.1. Objetivo general.....	37
7.2. Objetivos específicos.....	37
8. Metodología del diagnóstico.....	38
9. Mapa mental diagnóstico.....	39
10. Análisis de variabilidad del proceso de recibo en el área de bodega.....	40
10.1. Determinación de factores potenciales de variabilidad.....	40
10.1.1. Análisis de la variabilidad asociada al método.....	40
10.1.2. Análisis de la variabilidad asociada al material.....	40

10.1.2.1.	Análisis de la cantidad de recibos por contenedor .....	42
10.1.2.2.	Tipo de material.....	42
10.1.2.2.1.	Determinación de actividades que aumentan el tiempo en el proceso de recibo por tipo de materia prima. ....	42
10.1.2.2.2.	Recibo de químicos .....	43
10.1.2.2.2.1.	Análisis de variabilidad dentro del proceso de recibo de químicos.....	45
10.1.2.2.3.	Recibo de metales preciosos.....	46
10.1.2.2.3.1.	Análisis de variabilidad dentro del proceso de recibo de metales preciosos .....	47
10.1.2.2.4.	Recibo de paquetería .....	47
10.1.2.2.4.1.	Análisis de variabilidad dentro del proceso de recibo de paquetería.....	48
10.1.2.2.5.	Análisis del impacto de la variabilidad de acuerdo al tipo de material .....	49
10.1.3.	Análisis de la variabilidad asociada a maquinaria .....	50
10.1.4.	Análisis de la variabilidad asociada a la mano de obra .....	50
10.2.	Hallazgos de la variabilidad en el proceso de recibo en el área de bodega .....	51
10.2.1.	#1 Factores no influyentes en el proceso .....	51
10.2.2.	#2 Actividades que agregan variabilidad .....	51
10.2.3.	#3 Variabilidad dentro de las familias de materias primas .....	52
11.	Análisis de la composición de bodega .....	52
11.1.	Análisis de la composición del inventario.....	52
11.2.	Delimitación de materias primas .....	52
11.3.	Categorización del inventario .....	53
11.3.1.	Perfilado de actividades .....	54
11.3.2.	Sincronización del Inventario.....	56
11.4.	Hallazgos composición de bodega.....	57
11.4.1.	#4 Distribución de materiales en el área de bodega.....	57
11.4.2.	#5 Materias primas de mayor impacto volumétrico.....	58
11.4.3.	#6 Sincronizado del inventario.....	58
12.	Análisis del proceso de gestión de inventarios.....	58
12.1.	Análisis del proceso de planeación de compra.....	58
12.2.	Análisis de inventario de seguridad .....	60
12.3.	Hallazgos del proceso de gestión de inventarios.....	65
12.3.1.	#7 Modelo de reaprovisionamiento pull.....	65
12.3.2.	#8 Stock de seguridad sin uso .....	66
12.3.3.	#9 Cálculo inadecuado de los días inventario .....	66
12.3.4.	#10 Excedentes causados por stock de seguridad .....	66
13.	Identificación de oportunidades de mejora .....	66
13.1.	Determinación de oportunidades de mejora .....	68
13.1.1.	Desarrollar una herramienta para la gestión de inventarios .....	68
13.1.2.	Rediseñar las actividades del proceso de recibo .....	68
14.	Conclusiones de la etapa de diagnóstico .....	68
CAPÍTULO III. DISEÑO .....		69

15.	Metodología del diseño .....	69
16.	Etapas de un proyecto Seis Sigma .....	71
16.1.	Aplicación de DMAMC en la empresa.....	72
16.1.1.	Definir el proyecto .....	72
16.1.2.	Medir la situación actual.....	74
16.1.3.	Analizar las causas raíz.....	78
16.1.4.	Mejorar .....	80
16.1.4.1.	SMED (Single Minute Change of Die) .....	80
16.1.4.2.	Aplicación de SMED y ECRS en el proceso de recibo .....	81
16.1.4.2.1.	Proceso de recibo general .....	82
16.1.4.2.1.1.	Aplicación de SMED y ECRS en el proceso general: .....	82
16.1.4.2.1.2.	Impacto del cambio.....	83
16.1.4.2.2.	Proceso de recibo de químicos.....	84
16.1.4.2.2.1.	Aplicación de SMED en las actividades adicionales del proceso de recibo de químicos 84	
16.1.4.2.2.2.	Impacto del cambio.....	86
16.1.4.2.3.	Proceso de paquetería.....	86
16.1.4.2.3.1.	Aplicación de SMED en las actividades adicionales del proceso de recibo de paquetería 87	
16.1.4.2.3.2.	Impacto del cambio.....	88
16.1.4.2.4.	Proceso de recibo de metales preciosos .....	88
16.1.4.2.4.1.	Aplicación de SMED en actividades adicionales del proceso de recibo de metales preciosos 89	
16.1.4.2.4.2.	Impacto del cambio.....	90
17.	Modelo de reaprovisionamiento .....	90
17.1.	Cálculo teórico del Safety Stock.....	90
17.2.	Modelo actual de reabastecimiento .....	92
17.2.1.	Nacionales.....	92
17.2.2.	Extranjeros .....	93
17.3.	Modelo propuesto de reabastecimiento .....	93
17.3.1.	Nacionales.....	93
17.3.2.	Extranjeros .....	95
CAPÍTULO IV: Validación .....		100
18.	Metodología de validación.....	100
19.	Comprobación de factibilidad Proceso Recibo .....	101
20.	Simulación del proceso .....	103
20.1.	Simulación MonteCarlo.....	104
20.2.	Simulación en el programa Risk.....	104
21.	Validación Proceso de Recibo .....	104

21.1.	Modelo de simulación.....	104
21.2.	Resultados obtenidos simulación Proceso de Recibo.....	106
21.2.1.	Proceso general de recibo.....	107
21.2.2.	Proceso de recibo de químicos .....	109
21.2.2.1.	Proceso de recibo de químicos con rombos .....	109
21.2.2.2.	Proceso de recibo de químicos sin rombos .....	112
21.2.3.	Proceso de recibo de metales preciosos.....	115
21.2.4.	Proceso de recibo de paquetería .....	118
21.2.5.	Cuantificación de impacto validación Proceso de Recibo.....	120
22.	Validación Modelo reaprovisionamiento.....	121
22.1.	Modelo de simulación.....	121
22.1.1.	Materiales importados.....	121
22.1.2.	Materiales nacionales .....	124
22.2.	Resultados de validación método reaprovisionamiento .....	125
23.	Resultados de los indicadores de éxito.....	127
23.1.	<i>Dock to Stock time</i> .....	127
23.2.	Utilización de Bodega.....	128
23.3.	<i>Inventory Turnover</i> .....	130
	Conclusiones Generales.....	133
	Recomendaciones.....	134
	Bibliografía .....	135
	Glosario.....	136
	Anexos.....	137
	Anexo 1. Herramienta cálculo teórico de SS.....	137
	Anexo 2. Manual de herramienta del cálculo teórico del <i>safety stock</i> .....	137
	Anexo 3. Herramienta cálculo tamaño KanBan .....	138
	Anexo 4. Manual de herramienta de cálculo de tamaño de KanBan .....	138

## Índice de cuadros

Cuadro 1. Tipos de bodega .....	30
Cuadro 2. Metodología General .....	35
Cuadro 3. Cronograma de trabajo .....	36
Cuadro 4. Metodología de diagnóstico .....	38
Cuadro 5. Cantidad de tarimas por contenedor .....	41
Cuadro 6. Cantidad de recibos por contenedor .....	42
Cuadro 7. Tiempo de actividades adicionales químicos .....	44
Cuadro 8. Tiempo de actividades adicionales metales preciosos .....	47
Cuadro 9. Tiempo actividades adicionales paquetería .....	48
Cuadro 10. Cantidad de recibos por materia prima .....	49
Cuadro 11. Turno A .....	50
Cuadro 12. Turno B .....	50
Cuadro 13. Comparación turnos .....	51
Cuadro 14. Resumen de perfilado .....	56
Cuadro 15. Promedio de SS sin uso .....	62
Cuadro 16. Resumen del diagnóstico .....	67
Cuadro 17. Marco del proyecto seis sigma .....	74
Cuadro 18. Actividades adicionales proceso general .....	82
Cuadro 19. Actividades adicionales proceso de químicos .....	84
Cuadro 20. Segregación de actividades adicionales químicos .....	85
Cuadro 21. Actividades adicionales proceso paquetería .....	87
Cuadro 22. Segregación actividades adicionales paquetería .....	87
Cuadro 23. Actividades adicionales proceso metales preciosos .....	89
Cuadro 24. Segregación actividades metales preciosos .....	89
Cuadro 25. Impacto aplicación SMED y ECRS .....	103
Cuadro 26. Parámetros proceso recibo general actual .....	107
Cuadro 27. Parámetro proceso recibo general propuesto .....	108
Cuadro 28. Comparación resultados simulación proceso general .....	108
Cuadro 29. Parametrización proceso químicos con rombo actual .....	110
Cuadro 30. Parametrización proceso químicos con rombo propuesto .....	111
Cuadro 31. Comparación resultados procesos químicos con el rombo .....	111
Cuadro 32. Histograma comparación proceso de químicos con rombo .....	112
Cuadro 33. Parametrización variables proceso recibo de químicos sin rombo actual .....	113
Cuadro 34. Parametrización variables proceso propuesto recibo sin químicos .....	114
Cuadro 35. Comparación resultados proceso de recibo de químicos sin rombo .....	114
Cuadro 36. Parametrización variables proceso actual de recibo de metales preciosos .....	116
Cuadro 37. Parametrización variables proceso propuesto de recibo de metales preciosos .....	116
Cuadro 38. Comparación resultados proceso de recibo de metales preciosos .....	116
Cuadro 39. Histograma comparación proceso de recibo de metales preciosos .....	117
Cuadro 40. Parametrización variables proceso actual de recibo de paquetería .....	118
Cuadro 41. Parametrización variables proceso propuesto de recibo de paquetería .....	119
Cuadro 42. Comparación resultados proceso recibo paquetería .....	119
Cuadro 43. Cuantificación impacto proceso de recibo .....	121
Cuadro 44. Resultados proceso simulación materiales nacionales .....	126

*Cuadro 45. Resultado proceso simulación materiales importados..... 127*

## Índice de Figuras

Figura 1.Productividad (Tarima/Hora hombre).....	22
Figura 2.Dock to stock time .....	22
Figura 3.Utilización de bodega .....	24
Figura 4. Inventory turnover .....	25
Figura 5. Mapeo de procesos.....	25
Figura 6.Metodología de planeación maestra.....	28
Figura 7.Procesos de bodega .....	29
Figura 8.Costos de almacenamiento .....	32
Figura 9. Mapa mental diagnóstico.....	39
Figura 10.Ishikawa de Variabilidad Dock-to-Stock .....	40
Figura 11.Proceso general de recepción de materia prima .....	43
Figura 12.Diagrama de proceso de recibo de químicos.....	44
Figura 13.Diagrama de proceso de recibo de metales preciosos .....	46
Figura 14.Diagrama proceso de recepción de paquetería .....	48
Figura 15.Árbol de realidad actual. Exceso de materias primas.....	65
Figura 16.Mapa mental diseño.....	70
Figura 17.DMAMC .....	72
Figura 18. Productividad.....	75
Figura 19.Productividad.....	75
Figura 20.Dock to stock time .....	75
Figura 21.Utilización de bodega .....	76
Figura 22.Inventory turnover .....	77
Figura 23.Proceso de recibo.....	77
Figura 24.Ishikawa Variabilidad Dock-to-Stock .....	78
Figura 25.SMED .....	80
Figura 26.Proceso general de recepción de materia prima .....	82
Figura 27.Proceso propuesto recibo general .....	83
Figura 28.Proceso de recibo de químicos.....	84
Figura 29.Proceso propuesto de recibo de químicos .....	85
Figura 30.Proceso de recibo de paquetería .....	86
Figura 31.Proceso propuesto recibo de paquetería .....	87
Figura 32.Proceso de recibo de metales preciosos .....	88
Figura 33.Proceso propuesto de recibo de metales preciosos .....	90
Figura 34.Herramienta Safety Stock.....	92
Figura 35.Modelo de proveedores nacionales .....	93
Figura 36.Modelo de proveedores de importación.....	93
Figura 37.Modelo propuesto para proveedores nacionales .....	95
Figura 38.Modelo propuesto para proveedores nacionales 2 .....	95
Figura 39.Modelo de reaprovisionamiento propuesto 1 .....	97
Figura 40. Modelo de reaprovisionamiento propuesto 2 .....	98
Figura 41. Modelo de reaprovisionamiento propuesto 3 .....	98
Figura 42.Metodología de validación proceso de recibo.....	100

<i>Figura 43. Metodología de validación modelo de reaprovisionamiento .....</i>	<i>101</i>
<i>Figura 44. Proceso validado recibo de químicos .....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 45. Proceso validado proceso de metales preciosos .....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 46. Representación gráfica modelo simulación .....</i>	<i>105</i>
<i>Figura 47. Histograma comparación proceso recibo general .....</i>	<i>109</i>
<i>Figura 48. Histogramas comparación proceso recibo químicos sin rombos .....</i>	<i>114</i>
<i>Figura 49. Histogramas comparación proceso de recibo de paquetería. ....</i>	<i>120</i>
<i>Figura 50. Lógica simulación de materiales importados .....</i>	<i>122</i>
<i>Figura 51. Lógica propuesta de simulación de materiales importados .....</i>	<i>122</i>
<i>Figura 52. Lógica actual de simulación de materiales impartados.....</i>	<i>123</i>
<i>Figura 53. Lógica Simulación .....</i>	<i>124</i>



## Índice de Gráficos

Gráfico 1. Perfilado de actividades: rotación volumétrica.....	54
Gráfico 2. Perfilado de actividades: costos.....	55
Gráfico 3. Sincronización del inventario.....	57
Gráfico 4. Impactos de excesos en utilización de bodega.....	61
Gráfico 5. Stock de seguridad sin uso.....	63
Gráfico 6. Impacto de stock de seguridad sin uso.....	63
Gráfico 7. Resultado Dock to Stock Time variación tiempo.....	127
Gráfico 8. Resultado Dock to Stock Time desviación estándar.....	128
Gráfico 9. Resultado Utilización Bodega reducción tarimas.....	129
Gráfico 10. Resultado de la disminución de tarimas materiales ABC.....	129
Gráfico 11. Costo oportunidad mejora de utilización de la bodega.....	130
Gráfico 12. Resultados Inventory Turnover.....	131
Gráfico 13. Resultado cobertura.....	131
Gráfico 14. Reducción Cobertura Internacional.....	132
Gráfico 15. Reducción Cobertura Nacional.....	132

## Abreviaturas y acrónimos

BSC: *Boston Scientific*

GBF: *Gastric Bypass Forcep*

IT: *Inventory Turnover*

MRO: *Mantenimiento Reparación y Operaciones*

DST: *Dock to Stock time*

SAP: *System, Applications, Products in Data Processing.*

EHS: *Departamento de salud y seguridad*

NFPA 740: *National fire protection association*

MSDS: *Material Safety Data Sheet*

SKU's: *stock-keeping-unit*

S&OP: *Sales operation planning*

## Introducción

El manejo adecuado de bodegas se basa en su totalidad en el uso de tiempo y espacio, ambos elementos, tiempo y espacio, son costosos, por lo tanto, es ideal usar la menor cantidad de cada uno para entregar los productos a los clientes de acuerdo con (Bartholdi, 2011). El objetivo de la gestión del inventario es determinar los niveles de inventario con el fin de minimizar los costos totales de operación mientras que se satisfagan los requerimientos de servicio del cliente (Ghiani, Introduction to Logistic Systems Planning and Control, 2004).

En la bodega de materia prima de *Boston Scientific El Coyol*, presenta en sus operaciones costos excesivos en sus procesos debido a la variabilidad en el rendimiento de los mismos, además de poseer más requerimientos de espacio en comparación con los que se cuenta. Es por este motivo que la empresa presenta una constante búsqueda de acciones que colaboren a disminuir y mejorar estas problemáticas.

El presente proyecto busca apoyar la búsqueda de soluciones a esta problemática por medio de la realización de análisis de los procesos de recibo en la bodega, con el fin de determinar una oportunidad de mejora para diseñar una propuesta concreta que ayude a reducir los niveles de inventario en la bodega y mejore los procesos de recibo, reduciendo a su vez su variabilidad.

Por medio de cuatro capítulos, se realiza el análisis mencionado, el cual permite estudiar de una manera integral los procesos y la situación actual de la bodega de materia prima. En el primer capítulo se presenta un diagnóstico de la organización y se delimita el alcance del proyecto, así como la problemática por atacar. En esta primera etapa se muestra una descripción de la empresa, el alcance del proyecto, la problemática encontrada, los objetivos, así como los beneficios esperados. Además, se presenta un marco de referencia teórico en el que encuentra el respaldo teórico de los conceptos abordados en este proyecto.

En el segundo capítulo se desarrolla el diagnóstico, en el que se realiza un análisis de la variabilidad del proceso de recibo y de la composición de la bodega, así como un análisis del proceso de gestión de inventarios, con el fin de obtener, al final de esta etapa, posibles oportunidades de mejora para el proyecto.

Seguidamente en el tercer capítulo del documento se presenta el diseño del proyecto, en el que se desarrollan las soluciones encontradas a la problemática establecida, con base en las oportunidades de mejora encontradas en la etapa de diagnóstico. Primeramente, para esta etapa se genera la aplicación de la metodología DMAMC de seis sigma en la empresa, en la cual se define el proyecto, se mide la situación actual y se analiza la causa raíz de la problemática. Posteriormente en la etapa de mejorar se presenta la utilización de SMED y ECRS con el fin de mejorar y agilizar los procesos de recibo. Además, se plantea un nuevo modelo de reaprovisionamiento, en el que se toman en cuenta aspectos como la utilización de KanBan y HUBs, apoyado en una herramienta diseñada en la que se facilita el cálculo apoyado en la teoría del safety Stock de la empresa.

Por último, en el cuarto capítulo del documento, se presenta la etapa de validación, en la que se observa la funcionalidad de las propuestas realizadas. Se utiliza la simulación Montecarlo para crear distintos escenarios, en los que se compara el modelo de reaprovisionamiento y los procesos actuales contra los propuestos, para conocer su comportamiento a largo plazo. Una vez obtenidos los resultados, se realiza una comparación entre estos resultados, esto con el fin de evidenciar las mejoras y los beneficios

obtenidos a través de la implementación de las propuestas planteadas y el cumplimiento del objetivo *planteado en la primera etapa del proyecto.*

# Capítulo I. Propuesta de proyecto

## 1. Justificación del proyecto

### 1.1. Descripción de la empresa

*Boston Scientific* (BSC) es una empresa de manufactura, líder en innovación de soluciones médicas para el tratamiento y el diagnóstico de condiciones médicas cardíacas, digestivas, pulmonares, el dolor crónico y la salud de la mujer. A nivel corporativo, la empresa cuenta con plantas y oficinas en América, Europa, Asia y África con más de veintitrés mil empleados.

En Costa Rica, BSC se instaló en 2004 en Barreal de Heredia y cinco años después abrió la planta de El Coyol en la cual se fabrican seis familias de productos, entre las cuales se encuentran GBF, *Guidewires*, *Tomes*, PNO, *Polypectomy* y US/DC. Para efectos del proyecto, únicamente se tendrá como objeto de estudio las operaciones de la planta de El Coyol, específicamente en el Departamento de logística, el cual cuenta con aproximadamente cuarenta empleados que trabajan dos turnos al día y seis días de la semana.

El Departamento de logística funciona como una operación de soporte para todas las unidades de producción, las cuales incluyen los procesos del recibo de materiales, el almacenamiento, la entrega de materia prima a producción y el envío de productos terminados.

### 1.2. Alcance

Con el fin de realizar una delimitación en cuanto al alcance del proyecto, se establecen los productos, las áreas y las materias primas en los cuales se va a centrar el estudio y la búsqueda de oportunidades de mejora o bien, las que se van a excluir por diversas razones.

Con respecto a las materias primas, de la totalidad de materiales que se almacenan en la bodega de BSC Coyol se define que los repuestos de equipos, los materiales obsoletos y los MRO's no serán objeto de estudio. Esto se define así, ya que los repuestos de equipos y MRO's son acumulados en localizaciones particulares aparte del resto de materiales y la compra es realizada mediante un proceso distinto al resto de materias primas. Con respecto a los materiales obsoletos, no son considerados, porque no son utilizados en la producción y por lo tanto, no tienen impacto en los indicadores de rendimiento de la bodega.

De forma adicional, tampoco se tendrán en consideración para el proyecto los materiales utilizados en las líneas de producción *FilterWire*, *Opticross* y *Expel*, ya que las mismas se incorporaron recientemente a la organización y no se cuenta con datos históricos, por ende, su estudio no es factible.

Se define que, con respecto a los procesos, se tendrán bajo estudio únicamente el recibo, el almacenamiento de materias primas y la gestión de inventarios. Por lo tanto, se consideran dentro del estudio, los materiales desde que son ingresados en contenedores a las instalaciones de BSC El Coyol hasta su almacenamiento en las localizaciones de *rack* en la bodega.

### 1.3. Problema

La gestión de inventarios de *Boston Scientific Coyol* provoca costos excesivos asociados a la variabilidad en el rendimiento del proceso de recibo y los requerimientos de espacio para el almacenamiento, lo que podría generar el cierre de operaciones de la bodega.

#### 1.4. Justificación del problema

Conforme a una evaluación exhaustiva de los datos brindados por la organización, se determina una productividad de tarimas recibidas por hora para el periodo del 2014 con un comportamiento decreciente y con un promedio anual de 1,07 tarimas por hora, como se muestra a continuación:



Figura 1. Productividad (Tarima/Hora hombre)

**Nota:** Datos tomados de Boston Scientific Coyal

Con respecto a la pendiente decreciente del valor de la productividad, se infiere que, al recibir menos tarimas por horas, existe un aumento en los tiempos improductivos relacionados con los operarios, los equipos y los espacios en recibo, lo cual se asocia a un uso ineficiente. A su vez se presenta una desviación estándar de 0,44 tarimas por hora, lo cual representa un 41 % de la media, con lo cual es posible determinar que el proceso de recibo es altamente variable y por lo tanto, representa una problemática para la organización debido a que implica mayor dificultad de planificar las operaciones al contar con una alta variación, lo cual afecta el rendimiento de los procesos.

Con respecto al *dock to stock time* (DST) se tiene que este presenta una problemática en cuanto a la variabilidad con respecto a los datos del 2014, ya que posee una media de 7,07 días y una desviación de 4,87 días, como se muestra a continuación:



Figura 2. Dock to stock time

**Nota:** Datos tomados de Boston Scientific Coyal

A partir de estos datos se determina que la desviación representa un 68,8% de la media, con lo cual es posible concluir que es un proceso con una alta variación, lo cual potencialmente podría significar para la organización un ineficiente uso de recursos tales como operarios, tiempo y equipo. Esta situación se genera debido a que la duración del recibo de materiales cambia significativamente entre semana, lo cual concuerda con la alta variación descrita en la productividad y la afectación en el rendimiento de la actividad.

La organización presenta una alta variabilidad en el tiempo de recibo. Cuando los materiales son descargados en esta área, deben esperar a ser ingresados en el sistema por lo que ocupan espacio, de manera que en caso de contar con materiales en contenedores en el predio, estos no pueden ser descargados. Este atraso genera demoras en la devolución del contenedor al proveedor de transporte. Por concepto de este retraso la organización, durante el 2014, realizó un pago total de \$18.850 monto que representa 1,4 salarios anuales de un operario del área de recibo. Así mismo la empresa posee una meta de ocho días para completar este indicador, conforme a lo evaluado durante el 2014 no se cumplió en un 36% de las semanas.

Posteriormente, se realiza un análisis gráfico para observar su comportamiento a través del periodo mencionado con anterioridad y se observa que este indicador posee una tendencia a disminuir, lo que se traduce en una mejora para la empresa, que se encuentra dada por la contratación de un operario adicional, la inversión en proyectos de mejora y el pago de 2.334 horas extra. Estas aproximadamente sumaron en el 2014, \$10.000, lo cual representa el salario anual de un operario adicional en el área de recibo. En cuanto al primer trimestre del 2015 se ha registrado un pago de 778 horas extra, el equivalente a \$2.829,09.

En cuanto al indicador de utilización de la bodega, la empresa actualmente posee capacidad para mil ciento sesenta y seis posiciones de paletas en sus instalaciones, de acuerdo con los datos de setiembre del 2014 a setiembre del 2015 se obtiene que en la totalidad de las semanas cuenta con una utilización promedio de 96% como se muestra a continuación:

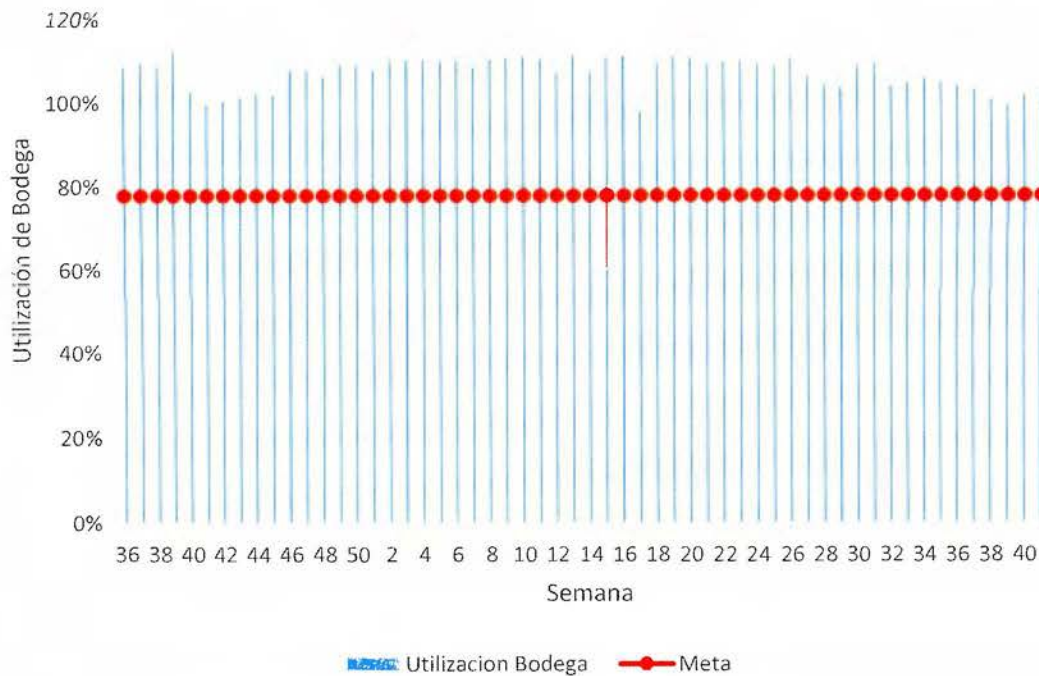


Figura 3. Utilización de bodega

**Nota:** Datos tomados de Boston Scientific Coyol

A pesar de no sobrepasar su capacidad de almacenamiento interno, la empresa durante todo el año, requiere los servicios de almacenamiento externo en un almacén fiscal, ya que la totalidad de las tarimas de inventario que debe almacenar excede la capacidad de la bodega de BSC por lo cual utilizan aproximadamente doscientas tarimas en dicho almacén. Esto equivale a un 17,15% de la capacidad de la bodega de BSC, es decir en todas las semanas del año la utilización de la bodega supera el 100%, si se considera el almacenamiento externo. Este servicio de almacenamiento externo en el 2014 generó un costo de \$16.338,71, el cual representa aproximadamente el salario mensual de dos operarios de bodega.

*Inventory turnover* (IT) es una razón para cuantificar la cantidad de veces que la totalidad del inventario es reemplazado durante un periodo de tiempo. Conforme a la información brindada por *Boston Scientific El Coyol*, la organización registra durante el 2014 una razón de IT con un valor de 1,39 mediante el cual es posible determinar que el inventario de la bodega es reemplazado cada 8,7 meses. El *Inventory turnover* registrado por BSC Corporación, registra un valor de 2,4 es decir el inventario es reemplazado cada cinco meses aproximadamente, en comparación con la bodega de El Coyol esta tiene un inventario almacenado al menos de tres meses de más, como se muestra en la siguiente figura:



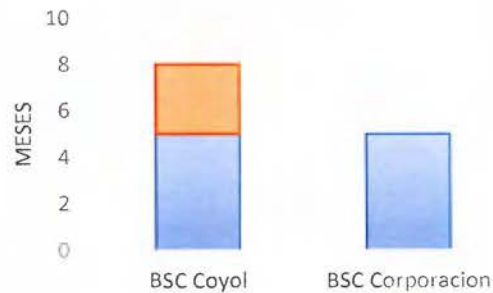


Figura 4. Inventory turnover

**Nota:** Datos tomados de Boston Scientific Coyol

Este inventario estancado es posible relacionarlo con la sobrecapacidad de la bodega durante todos los meses del 2014, así como con el incumplimiento del tiempo *dock to stock* que ha registrado la organización en un 36% de las semanas.

Los procesos del recibo y el almacenamiento se diagraman y analizan con el propósito de identificar las actividades improductivas, como se muestra a continuación:

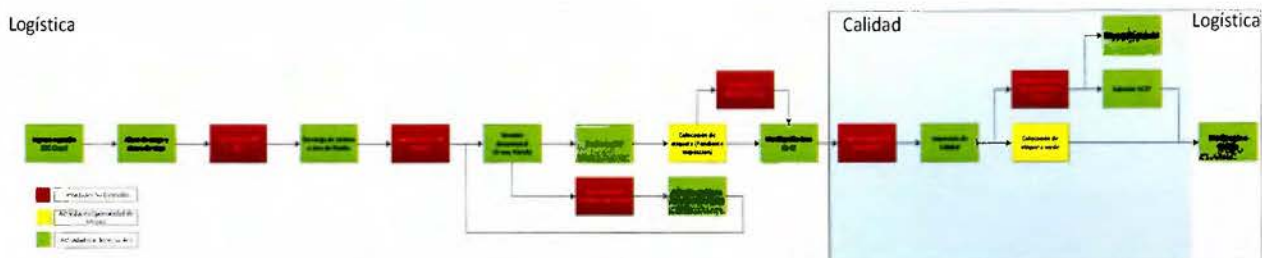


Figura 5. Mapeo de procesos

La primera de estas actividades es la espera de materiales dentro de los contenedores en el predio, ocasionado por la falta de espacio en el área de recibo, esta demora se asocia a la variabilidad y el incumplimiento del tiempo de recibo. La siguiente actividad identificada es la espera de materiales ubicados en el área de recibo, asociada a la disponibilidad de recursos para realizarla, y finalmente, se identifica la dilación de los materiales a causa de problemas de recibos los cuales se refieren a la falta de documentación y el estado deteriorado de la carga.

Estas demoras generan una ineficiencia en el uso del recurso del espacio, como lo son las posiciones de las paletas en recibo, las cuales durante el 2014 fueron ocupadas en promedio un 20% por tarimas en espera de ser aceptadas o por problemas de recibo. Esta saturación del área de recibo en función de las paletas en espera, genera costos debido al retraso por concepto de devolución de los contenedores al proveedor de transporte, como se explicó previamente.

Conforme a las problemáticas previamente establecidas, fue posible cuantificar la totalidad de los costos asociados a cada una, con lo cual se obtuvo un valor de \$45.188,71 en el 2014. De acuerdo con los datos brindados por la organización, el costo total de operación anual de la bodega de BSC El Coyol es de \$393.772, por lo tanto, dichos costos representarían un 11,47% aproximadamente de los de operación, es decir 1,37 meses de operación.

Actualmente, el Departamento de logística se encuentra en la evaluación de un potencial reemplazo de las operaciones de bodega por una bodega externa tercerizada, debido a los altos costos de operación presentados anteriormente.

## 1.5. Descripción de los beneficios asociados al proyecto

### 1.5.1. *Beneficios para la organización*

A partir del potencial reemplazo de la bodega por un servicio tercerizado de almacenamiento, se espera generar los siguientes beneficios para contribuir a la permanencia del departamento:

- Facilidad en la planeación de los procesos del recibo y el almacenamiento en la bodega de la empresa, ya que con el desarrollo de una propuesta de gestión de inventarios se planea aumentar la eficiencia y la productividad en las actividades.
- Disminución del tiempo de espera de proveedores nacionales al establecer métodos de mayor eficiencia y que permitan el aprovechamiento del espacio y el tiempo disponibles.
- Ahorro de gastos en el almacén fiscal, las horas extras y las demoras, generados por la variabilidad en el rendimiento de los procesos y los requerimientos del espacio.
- Disminución de los días de inventario al aumentar el aprovechamiento del espacio en el área de recibo y bodega.
- Reducción en los tiempos de espera de la materia prima al generar una mejor utilización del espacio en las áreas de recibo y almacenamiento.

Los beneficios mencionados anteriormente poseen un impacto directo y significativo en el rendimiento de las actividades de la bodega de BSC El Coyol, afectando tanto a sus empleados, clientes y proveedores.

### 1.5.2. *Beneficios para la sociedad*

Al lograr una disminución en los requerimientos del espacio y la variabilidad de los rendimientos de los procesos de recibo y almacenamiento, se logra una disminución de los desechos que se generan al ambiente, ya que se posee un mayor control sobre el inventario, lo cual disminuye la obsolescencia de las materias primas. Al mismo tiempo le brinda al Departamento de bodega una mayor estabilidad al mejorar sus indicadores y metas, lo que asegura la permanencia y los empleos de los colaboradores del área.

## 2. **Objetivo general e indicadores de éxito**

### 2.1. Objetivo general

Diseñar un sistema de gestión de inventarios para disminuir los requerimientos de espacio del almacenamiento y la variabilidad en el rendimiento de los procesos de la Bodega de BSC El Coyol, en procura de asegurar la permanencia de sus operaciones.

### 2.2. Indicadores de éxito

A continuación, se establecen los indicadores de éxito que permitirán obtener una medida objetiva de la mejora provocada por el proyecto. Los indicadores determinados son los siguientes:

- Porcentaje de utilización de la bodega: este indicador permite cuantificar la disminución del requerimiento de espacio en la bodega de BSC, lo cual implica en caso de una mejora, menor

cantidad de cada materia prima en la bodega y la disminución de los costos asociados al servicio de almacén fiscal, así como el reflujó de materiales.

- *Dock to stock*: este indicador es seleccionado debido a que un mejoramiento del mismo provocaría una mejora en la productividad, una disminución de los costos y el cumplimiento de metas de la organización, así mismo una disminución en la variabilidad en este indicador, implica un aumento en la eficiencia en el uso de los recursos y facilitaría la planificación de las operaciones.
- *Inventory turnover*: se selecciona este indicador debido a que permite identificar la variación en la rotación del inventario y una mejora se traduce en que el inventario total de la empresa gira más rápidamente, lo cual implicaría que las materias primas se encuentren menos tiempo en bodega, evitando los problemas de obsolescencia y el uso de espacio en espera.

### 3. Limitaciones

El proyecto se encuentra limitado por una serie de actividades sobre las cuales no se posee injerencia o no es viable, ni es posible realizar modificaciones sobre ellas. Dentro de éstas se encuentran:

- Los proveedores actuales de materias primas de la organización no se pueden cambiar debido a que estos se encuentran certificados a nivel de industria médica.
- Los efectos asociados con los procesos de inspección de calidad a los materiales en bodega no están bajo estudio, debido a que son operaciones indispensables para la aprobación del material por lo que no se puede omitir ni realizar una disminución en el tiempo para las pruebas establecidas, además se encuentran a cargo del Departamento de calidad.

### 4. Marco de referencia teórico

De acuerdo con (Chopra, 2008) una cadena de suministros está formada por todas aquellas partes involucradas de manera directa o indirecta en la satisfacción de una solicitud de un cliente. Para el proyecto que se realiza en la bodega de *Boston Scientific El Coyol*, las solicitudes del cliente responden a los pedidos de materias primas por parte de la producción para la elaboración de los dispositivos médicos.

Según (Frazelle, Supply Chain Management, 2002) logística es el flujo de materiales, información y dinero entre los clientes y los proveedores. Las actividades principales de logística se categorizan de la siguiente manera:

- Respuesta al cliente: esta actividad conecta la logística externamente con el cliente e internamente con ventas y *marketing*.
- Gestión y planeación de inventarios: tiene como objetivo determinar y mantener los niveles de inventario lo más bajos posibles porque así van a lograr satisfacer las necesidades del cliente.
- Suministro: es el proceso de alcanzar los niveles objetivos del inventario determinados en la planeación.
- Transporte: conecta físicamente las fuentes de suministros con los clientes.
- Bodegaje: el objetivo del bodegaje es minimizar el costo del recurso humano, espacio y equipo mientras se alcanzan los requerimientos de tiempo del ciclo y la precisión de envíos para cumplir con la política de servicio al cliente.

Para efectos del proyecto, la actividad de logística que es objeto de estudio es la gestión y la planeación de inventarios y bodegaje, como ya se mencionó previamente, en la bodega de *Boston Scientific El Coyol*.

El objetivo de la gestión del inventario es determinar los niveles de inventario con el fin de minimizar los costos totales de operación mientras que se satisfagan los requerimientos de servicio al cliente. En la práctica, una buena política de gestión de inventario debe tener en cuenta los siguientes cinco aspectos: la importancia relativa de los clientes, la significancia económica de los diferentes productos, las políticas de transporte, la flexibilidad de los procesos de producción y las políticas de los competidores (Ghiani, *Introduction to Logistic Systems Planning and Control*, 2004).

Además, a partir del análisis de la problemática presente en la empresa, se encuentran altos niveles de inventario con baja rotación, lo que ocasiona que se incurra en costos adicionales a los de operaciones, como menciona (Ghiani, 2004) mantener el inventario puede ser muy caro por diferentes razones. Primero, una empresa que almacena su inventario incurre en un costo de oportunidad (o capital) representado por el retorno de inversión, por lo cual el dinero puede ser invertido de manera tal que se obtenga un mayor rendimiento sobre el mismo.

Se plantea como objetivo del proyecto el diseño de un sistema de gestión de inventarios, debido a que de acuerdo con (Ghiani, *Introduction to Logistic Systems Planning and Control*, 2004) la gestión de inventarios es la clave para resolver los problemas de los sistemas de planeación de logística y operaciones.

Según (Frazelle, *Supply Chain Management*, 2002) la planeación maestra de logística es un proceso que desarrolla métricas de corto y largo plazo, definiciones en estos, requerimientos de sistema de información y organizacionales para las actividades logísticas. Sin importar el nivel de detalle, siempre este proceso debe moverse entre las fases en el mismo orden; investigar, innovar e implementar como se observa en la figura 6:

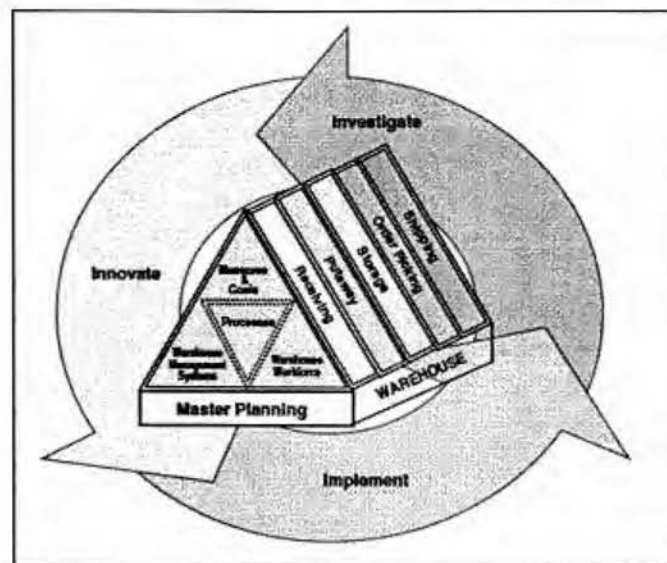


Figura 6. Metodología de planeación maestra

Fuente: (Frazelle, Supply Chain Management, 2002)

Este plan maestro se aplica en el estudio de la situación actual de la empresa y el desarrollo de la definición de la problemática, debido a que el estudio se centra en: medidas y metas, el sistema de administración del almacén y la fuerza de trabajo de éste. Al mismo tiempo los esfuerzos se encuentran enfocados específicamente en las áreas de *receiving*, *putaway* y *storage*. El proyecto se desarrolla en las fases de investigación, correspondiente a la definición del problema y su diagnóstico, la innovación, correspondiente al diseño, y la implementación a la parte de validación de las propuestas.

La importancia de realizar una planificación adecuada de los inventarios de la bodega de la empresa, radica de acuerdo con (Bowersox, 2002) en que la planificación del inventario es crítica para la manufactura. La escasez de materiales o componentes puede suspender una línea de manufactura o forzar la modificación en la programación de la producción, lo que provoca mayores costos, y una potencial escasez de productos terminados. La gestión de los recursos de inventario requiere de un entendimiento de los principios, los costos, el impacto y la dinámica del inventario.

Para evaluar el proceso de planeación de inventario de BSC El Coyol se utiliza el *inventory turnover*, ya que según (Frazelle, 2002) es un indicador de productividad que se aplica en el proceso de la planeación y el manejo del inventario. También menciona que debido a que la salida del inventario es la venta y el consumo es la inversión, la medida más popular de la productividad del inventario es el *inventory turnover*, definido como:

$$\text{Inventory turnover} = \frac{\text{Ventas totales anuales}}{\text{AIV}}$$

Donde el AIV se define como *average inventory value*, el cual es el valor promedio del inventario.

Se utiliza este indicador en el análisis del estado actual de la bodega de la compañía, ya que permite conocer la velocidad con la cual rota el inventario en un período y determinar si posee niveles muy bajos o altos, generando problemas de espacio y obsolescencia de inventario.

Finalmente, dentro del estudio se tiene la actividad logística de bodegaje, de acuerdo con (Bartholdi, 2011) los productos en una bodega son sometidos a dos tipos de procesos físicos; procesos entrantes los cuales incluyen el de recibo de los materiales y el acomodo de los materiales recibidos, así como los procesos salientes, los cuales contienen lo de *picking* y envío de materiales, como se aprecia en la figura 7:

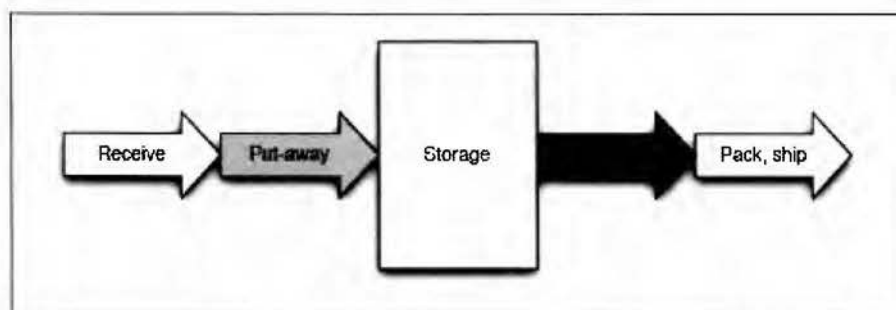


Figura 7. Procesos de bodega

Fuente: (Bartholdi, 2011)

De acuerdo con (Frazelle, Supply Chain Management, 2002) las bodegas pueden ser categorizadas con respecto a su función dentro de la cadena de valor:

Tipo de bodega	Función
<b>Bodega de materia prima y componentes</b>	Retener las materias primas previo a la inducción de las misma al proceso productivo.
<b>Bodega de materiales en proceso</b>	Retener parcialmente materiales en distintos puntos de la línea de producción.
<b>Bodega de productos terminados</b>	Almacenar el inventario de productos terminados para balancear producción y demanda
<b>Bodega de aprovisionamiento</b>	Consolidar y acumular productos de varios proveedores para ser distribuidos previamente.
<b>Bodegas locales</b>	Recibir, almacenar, recolectar y enviar órdenes pequeñas a clientes individuales
<b>Centro de distribución</b>	Bodegas distribuidas en el campo para acortar distancias en el transporte y permitir una respuesta breve a la demanda del cliente.

Cuadro 1. Tipos de bodega

Fuente: (Frazelle, Supply Chain Management, 2002)

Con respecto a esta categorización, la bodega de Boston Scientific El Coyol es una de materia prima y componentes que ya maneja y almacena materiales, previo al ingreso al proceso de producción.

Según (Frazelle, Supply Chain Management, 2002) el proceso de recibo consiste en la colección de actividades enfocadas en la recepción ordenada de los materiales a la bodega, el aseguramiento de la cantidad y la calidad de los materiales y la colocación de los materiales para que sean almacenados. El proceso de recibo es la preparación de todas las actividades de la bodega, si no se recibe adecuadamente va a ser muy difícil manejar de manera adecuada el almacenamiento, *picking* y envío.

El manejo adecuado de bodegas se basa en su totalidad en el uso de tiempo y espacio. Ambos elementos, tiempo y espacio, son costosos, por lo tanto, es ideal usar la menor cantidad de cada uno para entregar los productos a los clientes de acuerdo con (Bartholdi, 2011). Los requerimientos de espacio para cada uno de los procesos de bodega deben ser calculados para estimar los requerimientos de almacenamiento (Frazelle, Supply Chain Management, 2002). Como se mencionó previamente, el espacio es uno de los recursos más importantes para el funcionamiento de una bodega, por esta razón en la justificación de la problemática se analizan los niveles de ocupación de la bodega de BSC El Coyol. Así se determina que los requerimientos de almacenamiento, es decir la cantidad de tarimas de materiales que requieren ser almacenadas, exceden la capacidad de la bodega, por lo cual han empleado servicios externos de almacenamiento durante todas las semanas del 2014.

Según (Frazelle, Supply Chain Management, 2002) es pertinente que se realicen mediciones del rendimiento de las operaciones de cada bodega. Para la medición del rendimiento del tiempo de ciclo,

(Frazelle, Supply Chain Management, 2002) recomienda el uso del *dock to stock time* el cual se define como el tiempo desde que un material por recibir llega a la bodega hasta que el mismo se encuentra listo para ser recolectado. La utilización de indicadores aisladamente puede ser una medición errónea o engañosa, ya que, por ejemplo, un indicador de productividad puede alcanzarse utilizando niveles altos de materiales y manejo de sistemas de información (Frazelle, Supply Chain Management, 2002).

Este comportamiento se presenta en el análisis del *dock to stock time*, donde se observa que si el estudio se realiza aisladamente se presenta una mejora gradual a través del tiempo, sin embargo, esta se alcanza por medio del pago de horas extras a los operarios y la contratación de personal adicional.

La medición de la productividad (Frazelle, Supply Chain Management, 2002) es definida como la razón de unidades, órdenes, líneas o peso enviados a la bodega sobre el número de horas utilizadas en la operación, la supervisión o el manejo del almacén. Una tendencia descendente en las mediciones de productividad se asocia a un aumento en los tiempos improductivos, es decir una disminución en la eficiencia del uso de los recursos disponibles para las operaciones. Este es el caso de la bodega de BSC El Coyal, la cual al graficar en un periodo de un año la productividad del proceso de recibo, se observa una pendiente descendente durante todo este periodo.

Según (Walpole, Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias, 2007) la variabilidad de un proceso o un producto es un hecho real en los sistemas de ingeniería; el control o la reducción de la variabilidad de un proceso a menudo es una fuente de mayores dificultades. Cada vez con mayor frecuencia, los ingenieros aprenden que la calidad del producto, y como resultado, las ganancias que se derivan de productos manufacturados son, por mucho, una función de la variabilidad del proceso. En los indicadores de rendimiento del tiempo de ciclo y la productividad de la bodega de BSC El Coyal se observa una alta variabilidad en los datos registrados durante el 2014, situación que se asocia a un uso ineficiente de los recursos, lo que genera costos adicionales en el pago de horas extra y los pagos por demoras de entrega de los contenedores.

El costo de las actividades es indispensable para comparar las propuestas de servicios logísticos a terceros, los procesos de presupuesto, medir las mejoras y establecer precios de servicios (Frazelle, 2002). De acuerdo con (Ghiani, Introduction to Logistic Systems Planning and Control, 2004) el costo total anual asociado con las operaciones de la bodega es el resultado de cuatro principales actividades: el recibo de materias primas, mantener el inventario en su posición de almacenamiento, recoger los artículos de su posición de almacenamiento y alistar las órdenes de los clientes. Estos costos dependen principalmente del almacenamiento promedio, la tecnología del transporte de almacenamiento y sus políticas. Estos costos comúnmente generados en el almacenamiento se muestran a continuación, de acuerdo con la proporción que representan del costo total de operación:

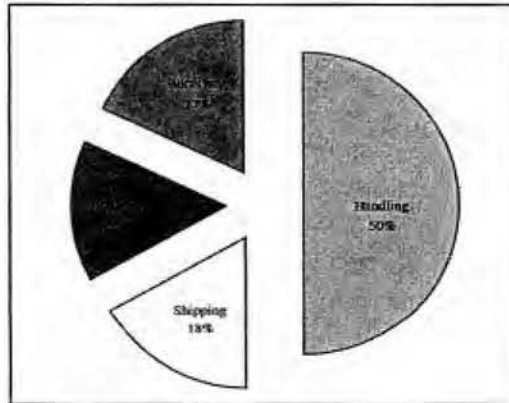


Figura 8. Costos de almacenamiento

**Fuente:** (Ghani, Introduction to Logistic Systems Planning and Control, 2004)

Conforme a lo evaluado en la problemática de la organización, se identifica que la bodega conlleva costos adicionales en sus operaciones en las horas extras, el pago de almacén fiscal y los pagos por demora de los contenedores. Con respecto a los costos de operación de la bodega de BSC El Coyol se determina que los costos asociados a la problemática representaban un 11,47 %, lo cual se observa que poseen una proporción similar a los costos por recibo y de mantener el inventario en posición.



## 5. Metodología general

Actividad	Herramienta	Resultados
<b>Etapa. Diagnóstico</b>		
Análisis de los procesos de recibo y almacenamiento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrevistas, mapeo de procesos, análisis estadístico de datos, diagrama de Ishikawa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesos esenciales diagramados</li> <li>• Indicadores actuales identificados</li> <li>• Ishikawa (causas y efectos indeseables en los procesos identificados)</li> </ul>
Análisis de la capacidad del área de recibo y almacenamiento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de incidentes críticos, estudio de tiempos, análisis estadístico de datos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incidentes críticos identificados</li> <li>• Tiempos de respuesta ante variaciones determinadas</li> <li>• Tiempos de respuesta requeridos por los clientes internos</li> </ul>
Análisis detallado de las variables de entrada del proceso de planificación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión bibliográfica, entrevistas, minería de datos, análisis estadístico de datos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variables de entrada del proceso de planificación identificadas y caracterizadas</li> <li>• Identificación de variables utilizadas inadecuadamente</li> </ul>
Análisis de la visibilidad de información y comunicación entre las áreas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrevistas, mapeo de flujos de información</li> <li>• Análisis de entradas y salidas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas de comunicación utilizados entre las áreas, identificados y caracterizados</li> <li>• Identificación de “puntos ciegos” de información</li> <li>• Identificación de los flujos de información ineficiente, incompleta o inexistente.</li> </ul>
Análisis de eficiencia del área de recibo y almacenamiento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrevistas, minería de datos, análisis estadístico de datos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indicadores de eficiencia del transporte de materia prima</li> <li>• Indicadores de eficiencia de los procesos almacenamiento y recibo de materia prima</li> <li>• Sincronización del inventario</li> </ul>
Definición de las causas de los problemas del proceso de recibo y almacenamiento de materias primas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ishikawa</li> <li>• FMEA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Causas identificadas de los problemas de planificación</li> </ul>
Identificación y definición de oportunidades de mejora según las causas de los problemas de recibo y almacenamiento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Árbol de realidad actual, matriz multicriterio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oportunidades de mejora identificadas, priorizadas y caracterizadas</li> </ul>

<b>Etapa. Diseño</b>		
Análisis de las variables (de operación y logísticas) por considerar dentro de la planificación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisión bibliográfica, entrevistas, análisis estadístico de datos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Listado de variables</li> <li>Caracterización de variables</li> </ul>
Identificación de restricciones legales, salubridad y de proceso y procedimientos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisión bibliográfica, entrevistas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Restricciones legales, de salubridad, de proceso y procedimientos relevantes identificados en el recibo y el almacenamiento identificados</li> </ul>
Definición y diagramación de la propuesta de gestión de inventarios.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diagrama SIPOC, entrevistas, mapeo de proceso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Metodología de recibo y almacenamiento definidos</li> <li>Cientes identificados del modelo</li> <li>Proceso de recibo y almacenamiento diagramado</li> </ul>
Establecimiento de los entregables necesarios para la empresa.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entrevistas, diagrama de casos de uso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entregables definidos y caracterizados</li> </ul>
Análisis y definición de los indicadores de desempeño del proceso de recibo y almacenamiento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entrevistas, análisis estadístico de datos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Indicadores de desempeño del proceso de recibo y almacenamiento definidos</li> </ul>
Diseño de la propuesta de gestión de inventarios.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Programación, pruebas experimentales, entrevistas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Propuesta de gestión de inventario finalizado, evaluado y aprobado por la contraparte</li> </ul>
Análisis de confiabilidad y desempeño de la propuesta.		
Diseño elaborado de los procedimientos requeridos para la utilización de la propuesta.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procedimientos, instructivos, esquemas, entrevistas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manual de uso finalizado y aprobado por la contraparte</li> </ul>
<b>Validación</b>		
Distribución de los procedimientos y la capacitación del personal.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reuniones de capacitación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Personal capacitado</li> </ul>

<p>Determinación y cuantificación de los beneficios generados por la propuesta diseñada de gestión de inventarios</p> <p>Determinación y cuantificación de los costos asociados a la implementación de la propuesta diseñada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulación y comparación de escenarios</li> <li>• Análisis de datos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Listado de beneficios cuantificados</li> <li>• Listado de costos cuantificados</li> <li>• Indicadores cuantificados de éxito</li> </ul>
---	---	--

*Cuadro 2. Metodología General*

## 6. Cronograma de Trabajo

<b>Etapa</b>	<b>Inicio</b>	<b>Fin</b>
<b>Etapa: Diagnóstico</b>	<b>Semana 1</b>	<b>Semana 16</b>
Análisis de los procesos de recibo y almacenamiento.	Semana 1	Semana 3
Análisis de la capacidad del área de recibo y almacenamiento.	Semana 3	Semana 5
Análisis detallado de las variables de entrada del proceso de planificación.	Semana 5	Semana 7
Análisis de la visibilidad de información y comunicación entre las áreas.	Semana 7	Semana 9
Análisis de eficiencia del área de recibo y almacenamiento.	Semana 9	Semana 11
Definición de las causas de los problemas del proceso de recibo y almacenamiento de materias primas.	Semana 11	Semana 14
Identificación y definición de las oportunidades de mejora según las causas de los problemas de recibo y almacenamiento.	Semana 14	Semana 16
<b>Etapa. Diseño</b>	<b>Semana 16</b>	<b>Semana 32</b>
Análisis de las variables (de operación y logísticas) por considerar dentro de la planificación.	Semana 16	Semana 18
Identificación de las restricciones legales, salubridad y de proceso y procedimientos.	Semana 18	Semana 20
Definición y diagramación de la propuesta de gestión de inventarios.	Semana 20	Semana 22
Establecimiento de los entregables necesarios para la empresa.	Semana 22	Semana 24
Análisis y definición de los indicadores de desempeño del proceso de recibo y almacenamiento.	Semana 24	Semana 26
Diseño de la propuesta de gestión de inventarios.	Semana 26	Semana 28
Análisis de confiabilidad y desempeño de la propuesta.	Semana 28	Semana 30
Diseño de los procedimientos requeridos para la utilización de la propuesta elaborada.	Semana 30	Semana 32
<b>Etapa. Validación</b>	<b>Semana 32</b>	<b>Semana 40</b>
Distribución de los procedimientos y la capacitación del personal.	Semana 32	Semana 34
Determinación y cuantificación de los beneficios generados por la propuesta diseñada de la gestión de inventarios.	Semana 34	Semana 36
Determinación y cuantificación de los costos asociados a la implementación de la propuesta diseñada.	Semana 36	Semana 40

*Cuadro 3. Cronograma de trabajo*

## Capítulo II. Diagnóstico

### 7. Objetivos del diagnóstico

#### 7.1. Objetivo general

Analizar las causas de las problemáticas detectadas en la gestión de los procesos de recibo y composición de las materias primas asociadas al área de bodega y su impacto en el costo de almacenamiento, con el fin de identificar oportunidades de mejora que generen un mejor aprovechamiento de los recursos.

#### 7.2. Objetivos específicos

1. Caracterizar los procesos y las actividades que poseen influencia en el proceso de recibo de materias primas para identificar las actividades que generan aumento de tiempo y variabilidad en el mismo.
2. Establecer la conformación de las materias primas dentro del área de bodega según su importancia en cuanto a costo y rotación volumétrica para determinar los productos de mayor relevancia.
3. Determinar las entradas y las salidas del proceso de recibo y abastecimiento de materias primas, así como la exactitud del inventario con el fin de evaluar la planeación y los niveles de excesos en el inventario de seguridad de la bodega.
4. Sintetizar la información obtenida en el diagnóstico a través de hallazgos relevantes para generar las oportunidades de mejora que atacarán el problema.

## 8. Metodología del diagnóstico

1. Análisis de variabilidad del proceso de recibo en el área de bodega				
Objetivo	Actividad	¿Para qué?	Herramienta	Resultados
Caracterizar los procesos y actividades que influyen en el proceso de recibo de materias primas en el área de bodega.	Determinar los factores potenciales de variabilidad por materia, mano de obra, maquinaria y método en el proceso de recibo.	Identificar las actividades que generan la variabilidad en el proceso de recibo	Recopilación de documentos Toma de tiempos Mapeo de procesos Entrevista SMED Ishikawa	Actividades identificadas que aumentan el tiempo de recibo.
	Analizar el efecto de cantidad de tarimas, recibo y tiempo de recibo por proveedor, sobre la variabilidad del tiempo de recibo.		Minería de datos Análisis de Varianza (Anova) Entrevista	Factores identificados que agregan variabilidad.
	Efectuar un mapeo de los flujos de material en el proceso de recibo.		Entrevistas Mapeo de procesos	Proces de recibo diagramado. Identificación de contraflujos.
2. Análisis de composición de bodega				
Objetivo	Actividad	¿Para qué?	Herramienta	Resultados
Determinar la conformación de las materias primas dentro del área de bodega según su importancia en cuanto a costo, volumen y rotación.	Realizar un perfilado de actividades	Establecer las materias primas de mayor importancia, según criterios definidos, dentro de la bodega	Análisis ABC.	Materias primas más relevantes identificadas según rotación, volumen y costos.
	Sincronizado del inventario	Comparación entre porcentaje de A, B y C versus su costo	Recolección de documentos Entrevista Análisis estadístico	Comparación de materias primas según su relevancia
3. Análisis del proceso de gestión de inventarios				
Objetivo	Actividad	¿Para qué?	Herramienta	Resultados
Determinar detalladamente las entradas y salidas del proceso, así como la exactitud del inventario.	Realizar un levantamiento de procesos de planeación de compras.	Evaluar la planeación y exactitud de los niveles de inventario en la bodega.	Entrevistas Mapeo de procesos	Excedentes de materia prima.
	Efectuar una comparación entre los requerimientos de producción y las solicitudes de materia prima.		Entrevistas Minería de datos	Identificar el nivel de coordinación entre compras y bodega.
	Evaluar los niveles actuales del inventario de seguridad.		Entrevistas Minería de datos Análisis estadístico	Porcentaje de inventario de seguridad en bodega en exceso.
4. Oportunidades de mejora				
Objetivo	Actividad	¿Para qué?	Herramienta	Resultados
Sintetizar la información obtenida en el diagnóstico	Definir oportunidades de mejora con base en los hallazgos identificados	Generar las oportunidades de mejora que atacarán el problema	Levantamiento de Oportunidades de Mejora	Oportunidades de mejora identificadas

Cuadro 4. Metodología de diagnóstico

## 9. Mapa mental diagnóstico

A continuación se muestra el mapa mental correspondiente a la etapa de diagnóstico el cual detalla de manera esquematizada el desarrollo de la misma.

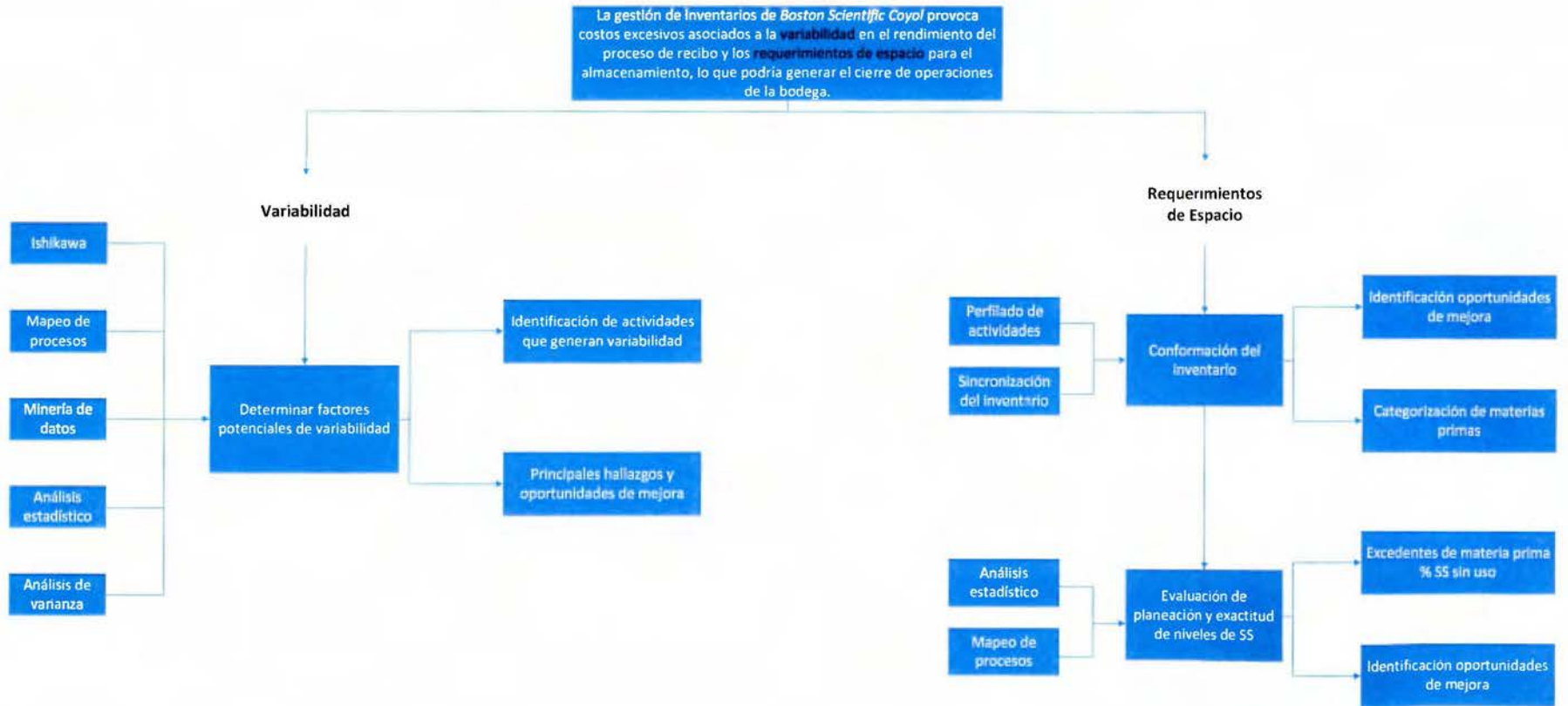


Figura 9. Mapa mental diagnóstico

## 10. Análisis de variabilidad del proceso de recibo en el área de bodega

### 10.1. Determinación de factores potenciales de variabilidad

Para efectuar el análisis preliminar de las potenciales fuentes de variabilidad dentro del proceso de recibo, se realiza un diagrama Ishikawa en conjunto con la contraparte, que según (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009) es un método gráfico que relaciona un problema o un efecto con los factores o las causas que posiblemente lo generan. Al mismo tiempo permite la búsqueda de diferentes causas que afectan el problema bajo análisis. Se utiliza el método de las 6M en el cual se analizan aspectos de los materiales, los métodos, la maquinaria y la mano de obra utilizados para llevar a cabo el proceso de recibo de las materias primas. Cabe destacar que la rama de medio ambiente no se toma en cuenta en el análisis, debido a que en conversaciones con la contraparte y los requerimientos del estudio esta no posee relevancia.

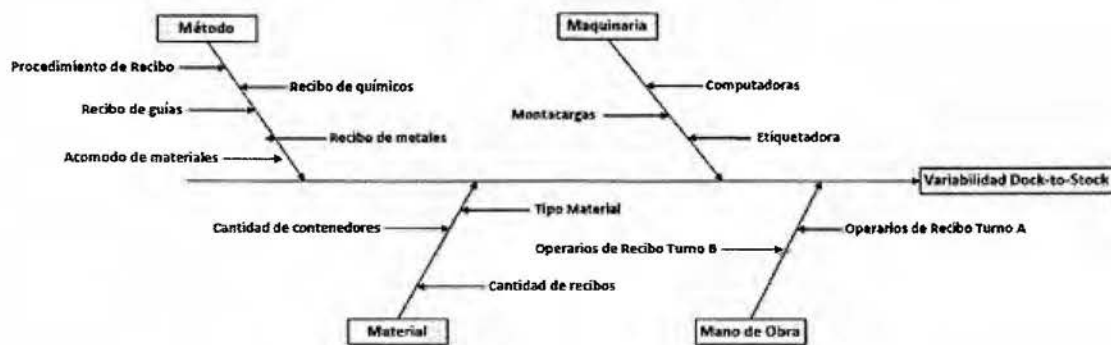


Figura 10. Ishikawa de Variabilidad Dock-to-Stock

#### 10.1.1. Análisis de la variabilidad asociada al método

El método de recibo de materiales en BSC se encuentra definido por procedimientos estandarizados que permiten al operario realizar la recepción de materia prima bajo los mismos parámetros ya sea el material de tipo: general, químico, metal precioso o paquetería. Esto se alcanza a través de los procesos de inducción, control y capacitación que posee la empresa para asegurar el nivel de calidad requerido.

Según datos de la empresa en el año 2015 con un total de 25.915 recibos, se presentaron diez eventos de no conformidad relacionados con el no cumplimiento del procedimiento, lo cual equivale a un 0.03% de total de recibos, por lo tanto se concluye que el método utilizado para la recepción de los materiales no es un factor generador de variabilidad.

#### 10.1.2. Análisis de la variabilidad asociada al material

Se procede a realizar el estudio y el análisis del factor de material el cual se divide en cantidad de contenedores, cantidad de recibos y tipo de material. En el caso de tipo de material se estudia por familia (general, químico, metal precioso y paquetería) para determinar el efecto de las actividades extra que se realizan en cada una de ellas y su afectación a la variabilidad de recibo y para el caso de las otras dos causas, se analizan mediante una ANOVA.



Como fuente de variabilidad asociada a los materiales los cuales son sometidos al proceso de recibo, se analiza mediante una ANOVA el efecto que posee la cantidad semanal de contenedores de importación y nacionales que ingresan sobre el *dock-to-stock time* registrado durante ese periodo.

Para ejecutar esta ANOVA se utilizarán datos de las primeras quince semanas del 2015 los que fueron ingresados al software de análisis estadístico Minitab en los cuales el factor considerado en el modelo sería la cantidad de contenedores nacionales y la cantidad de contenedores de importación, la variable de respuesta sería el *Dock-to-Stock time*. Al analizar el modelo se obtienen los siguientes resultados.

Análisis de regresión: Total Receiv vs. Cont. per We; Local Cont.

La ecuación de regresión es					
Total Receiving Cycle Time =		4,78 + 1,16 Cont. per Week - 0,133 Local Cont. per Week			
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	
Constante	4,779	2,077	2,30	0,026	
Cont. per Week	11,555	0,4212	2,74	0,009	
Local Cont. per Week	-1328	0,1635	-0,81	0,421	
		S= 4,55770	R-cuad. = 15,6%	R-cuad.(ajustado) = 12,0%	

Cuadro 5. Cantidad de tarimas por contenedor

Como se observa en los resultados, únicamente los contenedores de importación tienen un valor P menor a 0,05, que de acuerdo con (Walpole, Myers, Myers, & Ye, 2007) este valor es el nivel (de significancia) más bajo donde es significativo el valor observado del estadístico de prueba y de esta forma el valor es significativo a un nivel considerablemente menor que 0,05. Por lo que se puede concluir que este factor sí tiene un impacto sobre el tiempo de recibo, pero el valor de R<sup>2</sup> del modelo únicamente obtuvo un 15,6%, es decir un 84,4% de la variabilidad del *dock-to-stock time* no puede ser explicado por los factores considerados en el análisis. Por lo tanto este modelo con los factores considerados, permite definir que la cantidad de contenedores tanto de importación como nacionales, no tienen un efecto significativo sobre el *dock-to-stock* con una confianza de 95%.

Con respecto al resultado obtenido, es posible definir que la cantidad de contenedores que ingrese no impacta el tiempo de recibo, ya que de acuerdo con el procedimiento de recibo de BSC Coyol, los recibos de materiales deben efectuarse por cada uno de los lotes de materiales que ingrese, es decir si un contenedor contiene veinte lotes distintos de varios materiales, debe efectuarse el proceso de recibo veinte veces. De acuerdo con la Gerente de Logística, en cada uno de los contenedores ingresan cantidades distintas de lotes las cuales varían desde un lote hasta cincuenta distintos, por lo cual no se puede establecer que un contenedor es equivalente a otro en cantidad de lotes.

Para lograr analizar esta diferenciación en la cantidad de lotes que ingresan semanalmente a la bodega de BSC, se realiza mediante un reporte de SAP la obtención de la cantidad de lotes que ingresan a la bodega semanalmente durante quince semanas del 2015 entre materiales de importación, nacionales y paquetería o guías. Con estos datos se efectúa un análisis de varianza cuyo modelo incluye en sus factores la cantidad semanal de lotes de guías, los materiales nacionales y de importaciones que son recibidos por los operarios y la variable de respuesta es de nuevo el *dock-to-stock time*. Los datos obtenidos se ingresarán al software de análisis estadístico Minitab y se generan los siguientes resultados.

10.1.2.1. Análisis de la cantidad de recibos por contenedor

Análisis de regresión: Tiempo de recibo vs. Guías; Locales; Importación

La ecuación de regresión es					
Tiempo de recibo =	7,10 + 0,0018 Guías + 0,0048 Locales - 0,0160 Importación				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	
Constante	7,097	4,369	1,62	0,135	
Guías	0,00178	0,01632	0,11	0,915	
Locales	0,00479	0,01442	0,33	0,747	
Importación	-0,01603	0,01515	-1,06	0,315	
	S=3,05404	R-cuad. = 11,8%		R-cuad.(ajustado) = 0,0%	

Cuadro 6. Cantidad de recibos por contenedor

En los resultados se observa que ninguno de los factores considerados en el modelo son significativos para explicar la variable de respuesta, ya que todos registran un valor P mayor a 5%. Además, al analizar el R<sup>2</sup> se obtiene un valor de 11,8% lo cual quiere decir que un 89,2% de la variabilidad del *dock-to-stock time* no es explicado por este modelo y sus factores.

Con estos resultados, se concluye que la variabilidad del tiempo de recibo no es explicada estadísticamente por la cantidad de recibos de lotes de guías, materiales nacionales y de importación, tampoco la cantidad de contenedores de importación y nacionales son factores que tengan un efecto significativo sobre la variabilidad. Con los resultados obtenidos en ambos análisis de varianza, se define que el volumen de los materiales y los contenedores que ingresen al proceso de recibo no explican la variabilidad que se registra en el mismo.

10.1.2.2. Tipo de material

De acuerdo con el tipo de material que se recibe en la bodega para los diferentes procesos de recibo (general, químicos, metales preciosos y paquetería), es requerido realizar actividades extra, según las características de la materia prima que se esté procesando. Con base en esto se identifican las actividades asociadas a cada uno de los procesos de acuerdo con el tipo de material.

10.1.2.2.1. Determinación de actividades que aumentan el tiempo en el proceso de recibo por tipo de materia prima.

El proceso o el método de recibo de materias primas en Boston Scientific está dado por el procedimiento 90125236, el cual establece el siguiente flujo general para actividades de materias primas, materiales de empaque, químicos, metales preciosos, paquetería y materiales auxiliares.



Figura 11. Proceso general de recepción de materia prima

Fuente: Procedimiento 30125236 BSC Coyal.

Este proceso le toma a la organización un tiempo de 42,36 minutos. Mediante este procedimiento y un sistema de capacitación digital, la organización se garantiza la estandarización de cada una de las actividades efectuadas por los operarios de recibo de materiales. A pesar de esta estandarización mediante el procedimiento, para ciertos tipos de materiales el mismo procedimiento indica que deben realizarse actividades adicionales descritas en otros procedimientos. Se describen estos procesos para estudiar la variabilidad de las materias primas entre las diferentes familias y dentro de cada una de ellas.

#### 10.1.2.2.2. Recibo de químicos

En el caso de los químicos, los cuales además del procedimiento de recibo de componentes BSC (90125236) deben cumplir con el procedimiento de manejo de químicos (9012535), que indica para cada uno de los recibos de este tipo de materiales, se deben llevar a cabo las siguientes actividades:

- Revisión de MSDS del material: en esta actividad los operarios deben buscar el MSDS del material adjunto en la carga y compararlo contra la lista oficial del departamento de EHS, para garantizar que el material se encuentra registrado y está aprobado su ingreso a las instalaciones de la empresa.
- Impresión y colocación de rombos NFPA 704: por regulación del departamento de EHS cada uno de los químicos dentro de la bodega de BSC debe estar identificado con el rombo NFPA 704, por lo cual los operarios de bodega deben solicitar la impresión de este rombo al departamento de EHS para posteriormente identificar el mismo.
- Seleccionar la localización de almacenamiento: el departamento de EHS define para cada uno de los químicos (CHE3 O CHE2), localizaciones de almacenamiento para garantizar la seguridad de las instalaciones, por lo que para cada recibo de químicos los operarios deben consultar con EHS la localización del químico.
- Modificar la fecha de expiración: los operarios deben modificar la fecha de expiración de cada químico que ingresa a la bodega de BSC Coyal en el sistema SAP para garantizar que cuenten con al menos tres meses de vida útil, esto conforme a una determinación por procedimiento del departamento de EHS. Para realizar esta modificación de vida útil, el operario de recibo debe

contactar al comprador de químicos para determinar la fecha de expiración, modificarlo en el sistema e invalidar la fecha que traía inicialmente el químico.

Con la ejecución de estas actividades adicionales, el flujo del proceso de recibo de químicos se representa mediante el siguiente diagrama de flujo.

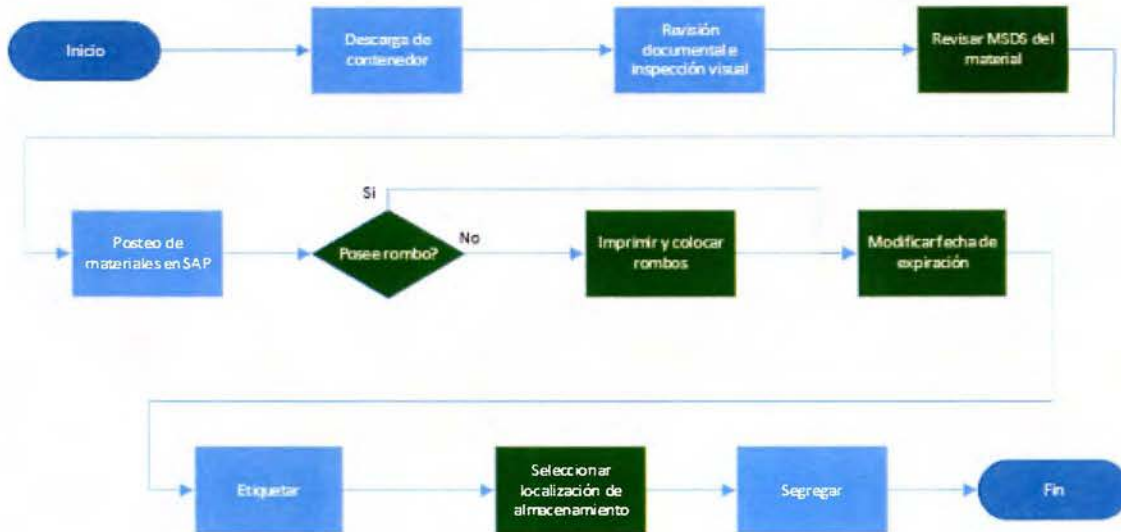


Figura 12. Diagrama de proceso de recibo de químicos

Fuente: Procedimiento 9012535 BSC Coyal

De acuerdo con el estudio de tiempos de la organización, el cual es realizado una vez al año durante un periodo de tiempo de tres meses, realizando una toma de tiempo a cada uno de los operarios encargados de la recepción de los materiales, los cuales son seleccionados de forma aleatoria al igual que sus mediciones durante su periodo de trabajo y recepción de este tipo de material, cabe destacar que los tiempos fueron validados durante las visitas a la empresa; la duración de cada una de estas actividades adicionales que deben llevarse a cabo en el recibo de químicos se describe en la siguiente tabla.

Actividades adicionales proceso de recepción de químicos	Tiempo (min)
Revisar MSDS del material	5
Imprimir y colocar rombos	10
Buscar localización de almacenamiento	2
Modificar fecha de expiración	4

Cuadro 7. Tiempo de actividades adicionales químicos

**Nota:** Datos tomados de Boston Scientific Coyal

Como se observa en el cuadro, la duración de estas actividades para el recibo de químicos suma un total de 21 minutos, lo cual representa un aumento de 43,57% con respecto a la duración de un proceso de recibo estándar definido por el procedimiento.

#### 10.1.2.2.1. *Análisis de variabilidad dentro del proceso de recibo de químicos*

Con el fin de determinar la variabilidad generada en la recepción de químicos se analizan y estudian los diferentes productos dentro de esta familia de materias primas. En conversaciones con los encargados del área de recepción de la bodega, se determina que este proceso se encuentra conformado por dos subprocesos (con rombo y sin rombo) dentro de los cuales se agrupan la totalidad de químicos recibidos y siguen las mismas etapas de acuerdo con el sub proceso al que pertenezcan. Cabe destacar que dentro de estos dos subprocesos se encuentran otros dos subprocesos (almacenados en CHE3 y en CHE2) que dependen del lugar donde se va a almacenar el químico. Lo anterior se describe seguidamente:

- **Con rombo:** este subproceso corresponde a los químicos que poseen el rombo de seguridad impreso en el material y este es colocado por el proveedor del mismo. Cuando el material que se recibe posee esta característica disminuye el tiempo en diez minutos, ya que esto implica que no se lleve a cabo la actividad de imprimir y colocar rombo, descrita en el cuadro 7. El tiempo de actividades adicionales químicos, genera un aumento total de once minutos, lo que equivale a 25,46% con respecto al tiempo general y un 52,38% del proceso de las actividades adicionales de químicos. Este subproceso abarca 12 de 276 químicos que son recibidos en el área de bodega lo cual equivale a un 4,35% de las materias primas de químicos.
  - **Almacenados en CHE 3:** este subproceso corresponde a una bodega aledaña al almacén que se utiliza para almacenar estañones y los químicos de mayor inflamabilidad. Este subproceso involucra un montacargas para el desplazamiento de las tarimas, la colocación de las materias primas sobre tarimas anti-derrame y la utilización de al menos dos operarios para realizar las actividades de apertura de las puertas de la bodega y demás. Este subproceso abarca 12 materias primas que vienen con rombo, más 26 del otro subproceso de los sin rombo, para un total de 38 químicos lo cual equivale a un 13,77%. El tiempo requerido para llevar a cabo esta actividad corresponde a la etapa de segregación, descrita en la figura 7. El diagrama de proceso de recibo de químicos, el cual posee un tiempo estándar de tres minutos, sin embargo para este en específico, la actividad dura cinco minutos lo cual equivale a 54,3% del tiempo general.
- **Sin rombo:** conformado por aquellos químicos que no contienen el rombo de seguridad, por lo tanto involucra que se deba imprimir y colocar el mismo. Esto implica un aumento de diez minutos, según las actividades definidas en el cuadro 7. El tiempo de actividades adicionales químicos, genera un aumento de 21 minutos lo que representa un 49,57% con respecto al proceso estándar. Dentro de este subproceso se encuentran 264 del total de químicos que se reciben, lo cual representa 95,7% de estas materias primas.
  - **Almacenados CHE2:** corresponde a la selección y el almacenamiento de los químicos en gabinetes y zonas de refrigeración las cuales se encuentran dentro de la bodega principal e involucra llevarlas a la zona y la colocación de las mismas en su área respectiva. Este subproceso abarca 238 químicos, lo cual equivale a un 86,2% de la cantidad de químicos recibidos en el área. El tiempo requerido para llevar a cabo esta actividad, la cual corresponde a la segregación, que se puede observar en la figura 7. El diagrama de proceso

de recibo de químicos, es de tres minutos, tiempo que se encuentra contemplado dentro del tiempo general del recibo de materiales.

#### 10.1.2.2.3. Recibo de metales preciosos

El proceso de recibo de metales preciosos se encuentra regulado mediante el procedimiento 90125236 y el procedimiento de manejo de metales preciosos (90633518), el cual establece lineamientos adicionales en el recibo y el manejo de estos materiales. Este procedimiento establece las siguientes actividades para el recibo de este tipo de materiales:

- Revisar la lista de procedimiento: cada vez que ingresa a la bodega de BSC un metal precioso, los operarios de recibo deben revisar el procedimiento 90633518 para asegurarse de que este material se encuentre dentro de la lista oficial de materiales preciosos para ejecutar las actividades respectivas de acuerdo con lo establecido.
- Obtener la segunda firma en *traveler*: debido al valor de los metales preciosos, de acuerdo con el procedimiento 90633518, es requerido que el documento que evidencia un recibo denominado por la organización como *traveler*, sea revisado por otro operario de recibo para garantizar que la cantidad y el número de material sea el correcto.
- Completar el formulario de traslado: una vez que los operarios llegan al área de almacenamiento de metales preciosos deben completar un formulario en el cual ingresan la hora, la fecha, los materiales y las cantidades asociadas a la localización.

Con la realización de estas actividades adicionales, el flujo del proceso de recibo se representa mediante el siguiente diagrama de flujo.

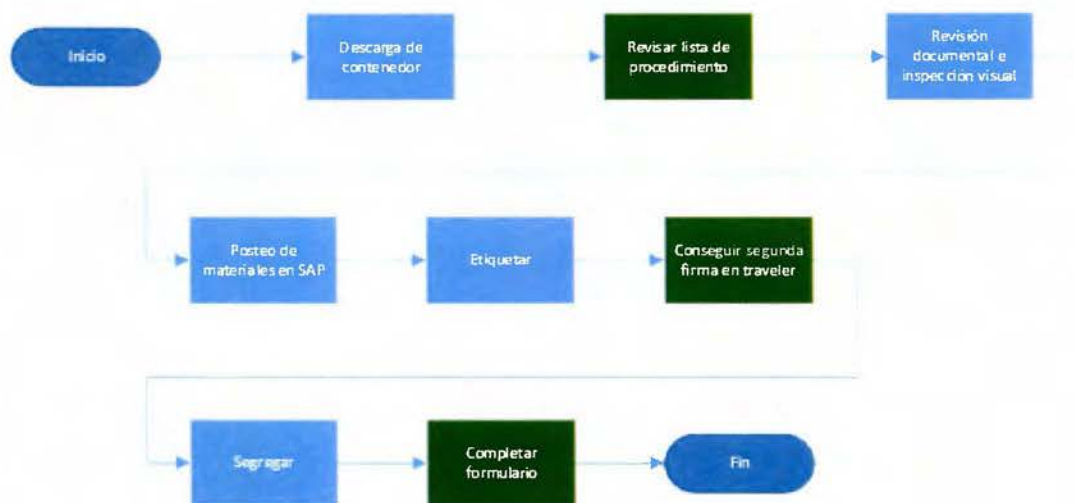


Figura 13. Diagrama de proceso de recibo de metales preciosos

Fuente: Procedimiento 90633518 BSC Coyol

Con respecto al estudio de tiempos realizado por la organización, la duración de ejecución de cada una de estas actividades adicionales al proceso de recibo de metales preciosos se presenta en el siguiente cuadro.

Actividades adicionales proceso de recepción de materiales preciosos	Tiempo (min)
Revisar lista de procedimiento	3
Conseguir segunda firma en <i>traveler</i>	8
Completar formulario	4

Cuadro 8. Tiempo de actividades adicionales metales preciosos

**Nota:** Datos tomados de Boston Scientific Coyal

Como se observa en la tabla, la duración de estas actividades para el recibo de metales preciosos suma un total de 15 minutos, lo cual representa un aumento de 35.41% con respecto a la duración de un proceso de recibo estándar definido por el procedimiento.

#### 10.1.2.2.3.1. Análisis de variabilidad dentro del proceso de recibo de metales preciosos

Al realizar un análisis en el recibo de los metales preciosos, se encuentra que no existe variación entre los recibos de esta categoría, ya que el proceso está estandarizado, es decir todos los metales preciosos recibidos en la empresa se reciben de igual manera sin excepción.

Debido a que la materia prima que se recibe es de alto valor, se debe tener un gran control sobre la misma, sin embargo, todas estas actividades son las mismas, sin importar el metal precioso que se reciba.

Según datos tomados del sistema de la empresa, en el mes de octubre se tuvieron un total de 32 recibos de metales preciosos, es decir para todos estos se realizó el mismo procedimiento de recibo, por lo que se encuentra que no existe variabilidad dentro del proceso de recibo de los metales preciosos.

#### 10.1.2.2.4. Recibo de paquetería

El proceso de recibo de paquetería se encuentra regulado mediante el procedimiento 90125236, a pesar de que no cuenta con un procedimiento adicional el cual establezca actividades extras que deben realizarse en el recibo de las mismas, se han establecido por parte del Departamento de Logística que deben efectuar de manera obligatoria para cada uno de los recibos de paquetería los cuales se describen a continuación.

- Revisar prealertas: los compradores de materia primas ingresan el código de seguimiento de los paquetes que van a ingresar a BSC a un archivo en Excel donde el personal de bodega debe revisar para encontrar aquellos paquetes que debe recibir.
- Separar por lote: en los materiales que ingresan por paquetería, es necesario que los operarios de recibo hagan una separación de los materiales que vienen en caja por lotes para así realizar el recibo y garantizar el cumplimiento de la revisión documental y de la inspección visual
- Actualizar prealertas: una vez que un paquete fue recibido, el operario de recibo debe volver al Excel con los códigos de seguimiento de paquetes e ingresar que ya han sido recibidos para informar a los compradores acerca del estatus del paquete.

Con la realización de estas actividades adicionales, el flujo del proceso de recibo se representa mediante el siguiente diagrama de flujo.

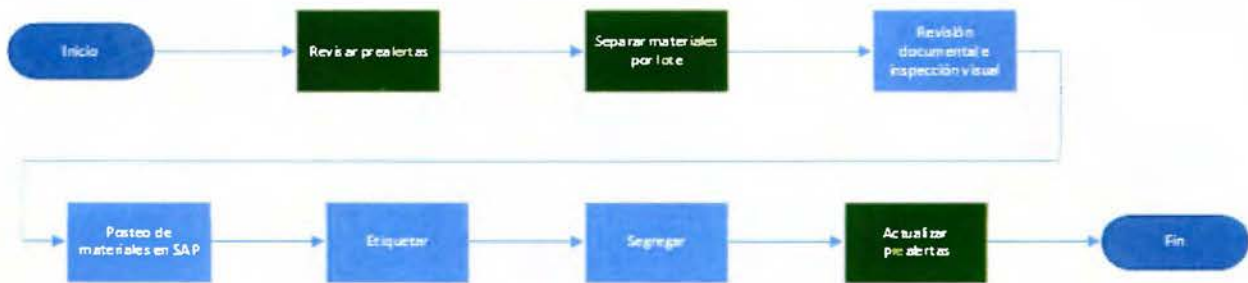


Figura 14. Diagrama proceso de recepción de paquetería

Con respecto al estudio de tiempos realizado por la organización, la duración de ejecución de cada una de estas actividades adicionales al proceso de recibo de metales preciosos se presenta en la siguiente tabla.

Actividades adicionales proceso de paquetería	Tiempo (min)
Revisar prealertas	3
Separar materiales por lote	6
Actualizar prealertas	3

Cuadro 9. Tiempo actividades adicionales paquetería

**Nota:** Datos tomados de *Boston Scientific Coyol*

Como se observa en la tabla, la duración de estas actividades para el recibo de paquetería suma un total de doce minutos, lo cual representa un aumento de 28.33% con respecto a la duración de un proceso de recibo estándar definido por el procedimiento.

#### 10.1.2.2.4.1. Análisis de variabilidad dentro del proceso de recibo de paquetería

Al estudiar el proceso interno de recibo de paquetería, el sistema de revisar prealertas y actualizarlas debe ser realizado para todas las materias primas de este tipo que ingresen, por lo que no es un factor variante dentro del proceso.

Las otras actividades que se realizan distintas al proceso general de recibo, en paquetería, es la separación de las materias primas por lote. Esta actividad dependerá de la forma en que el proveedor envíe la mercancía, ya sea en un mismo lote o en diferentes. Se dificulta controlar la forma en que el proveedor enviará la mercancía debido a que este envía la materia prima de acuerdo con su criterio, es decir, puede que un mismo proveedor envíe un mismo producto, una vez en un solo lote, y la siguiente vez, en varios. Debido a esta situación, no se cuantifica la cantidad de recibos que se realizan separando por lote los productos o sin separarlos, ya que este tipo de envío es muy variable y depende completamente del proveedor la forma en que desee remitir el producto.



Además, se realiza la cuantificación de la diferencia que existe cuando se realiza o no la separación por lote de producto, obteniendo como resultado (tomados del cuadro 9) que cuando no se realiza la separación por lote, el tiempo de recibo es de seis minutos, mientras que cuando sí se realiza este tiempo es de 12 minutos, es decir el doble del anterior. Es por este motivo que se concluye que existe variabilidad dentro del proceso de recibo, en el hecho de separar o no por lote las materias primas, sin embargo, esta variabilidad está asociada exclusivamente al criterio de envío del proveedor y no al método de recibo operado por la empresa.

#### 10.1.2.2.5. Análisis del impacto de la variabilidad de acuerdo al tipo de material

Para cuantificar el impacto que poseen estas materias primas sobre el total de ingresos de la bodega, se obtiene el reporte de la herramienta SAP del mes de octubre del año 2015. Como se observa en la siguiente tabla, estas materias poseen un total de 571 recibos, equivalente a un 25,71% del total de recibos de un mes.

Materia prima	Cantidad de recibos
Guías	515
Metales	32
Químicos	24
<b>Total</b>	<b>571</b>
<b>Total recibos mensuales</b>	<b>2218</b>
<b>% del total del mensual de recibos</b>	<b>25.74%</b>

*Cuadro 10. Cantidad de recibos por materia prima*

De acuerdo con la información anterior se infiere que, por cada cuatro recibos realizados en la bodega, uno corresponde a químico, metal precioso o paquetería en el que las actividades y el tiempo son distintos con respecto al procedimiento general como se presentó en el análisis efectuado.

El proceso de recibo, según lo establecido previamente, en realidad puede ser subdividido en cuatro sub procesos principales entre los cuales se incluye el recibo de metales preciosos, paquetería, químicos y el resto de materiales o proceso estándar (general). Al contar con estos cuatro subprocesos y cada uno de estos con una duración distinta y superior con respecto al proceso de recibo estándar, cuando los operarios de recibo se encuentran en sus labores, sus tiempos de ciclo en el recibo de materiales cambia constantemente debido a que realizan diferentes subprocesos de manera intercalada, lo cual genera variabilidad a la hora de cuantificar el *dock-to-stock time* de todos los materiales.

Según lo establecido previamente, un 25% de los recibos de recibo son asociados a subprocesos que cuentan con tiempos de ciclo superiores al estándar (general), lo cual quiere decir que estos subprocesos se presentan constantemente en el proceso de recibo generando traslados, revisiones documentales, revisiones del sistema, actualización de documentos y esperas, los cuales crean estas variaciones en el *dock-to-stock time* general.

Por lo tanto, la variabilidad en el *dock to stock time* es generado debido a los tiempos de ciclo en cada uno de los cuatro subprocesos, lo cual causa que los operarios constantemente se encuentren cambiando de subproceso, esto provoca una duración distinta en cada uno de ellos alterando la duración registrada en el recibo y por lo tanto, produciendo un impacto directo sobre la variabilidad de este

indicador. Esta variabilidad es asociada a la materia prima que se recibe y no al método o proceso mediante el cual se aceptan, debido a esto se realiza el estudio y el análisis de la variabilidad dentro de cada una de estas familias. Se obtiene que en el proceso de metales preciosos no se genera variabilidad intrafamiliar, por el contrario, en el caso de los químicos y la paquetería se tienen diferentes procesos de recibo que agrupan la totalidad de las materias primas, por lo que sí se presenta variabilidad dentro de estos.

#### 10.1.3. Análisis de la variabilidad asociada a maquinaria

En el proceso de recibo, explicado con anterioridad, los operarios únicamente utilizan como maquinaria el equipo hidráulico para movilizar y descargar las tarimas de los contenedores, la computadora mediante la cual efectúan el recibo en SAP de los materiales y la impresora de etiquetas por medio de la cual generan las etiquetas de identificación una vez recibidas las materias primas.

Con respecto a la maquinaria involucrada en este proceso, se determina que no tiene impacto en el proceso de recibo, ya que los equipos utilizados en la descarga y los equipos electrónicos empleados en el proceso de recibo es el mismo para todos los operarios. De acuerdo con la contraparte, los equipos no poseen un rendimiento distinto a lo largo de la jornada y tampoco presentan problemáticas asociadas a esperas innecesarias o fallas técnicas con regularidad.

Por lo cual se establece que este no es un factor que aporta variabilidad en el tiempo de recibo, ya que se utiliza siempre la misma maquinaria la cual no presentan registros de variaciones en la funcionalidad o en el rendimiento.

#### 10.1.4. Análisis de la variabilidad asociada a la mano de obra

Para el proceso de recibo se cuenta con la siguiente distribución de operarios de mano de obra en las jornadas A y B, las cuales se distribuyen de 6:30 am hasta 3:30 pm y de 3:30 pm hasta 10:00 pm respectivamente.

<b>Turno A</b>	
<b>Actividades</b>	<b>Cantidad de operarios</b>
<b>Recibo de contenedores</b>	<b>2</b>
<b>Recibo de urgencias y contenedores</b>	<b>1</b>
<b>Recibo de guías</b>	<b>1</b>
<b>Atención a proveedores</b>	<b>1</b>

*Cuadro 11. Turno A*

<b>Turno B</b>	
<b>Actividades</b>	<b>Cantidad de operarios</b>
<b>Recibo de contenedores</b>	<b>2</b>
<b>Recibo de guías</b>	<b>1</b>

*Cuadro 12. Turno B*

Como se observa en el listado, para el turno B se cuenta únicamente con un total de tres operarios a diferencia de los cinco que laboran en la jornada A. Esto se debe a que después de las 3:30pm no se reciben

proveedores nacionales en la ventanilla de atención, no ingresan contenedores de importación y los operarios enfocan sus operaciones en el recibo de materiales descargados al área de recibo por los operarios del turno A.

Se descarta una variabilidad asociada al rendimiento de la mano de obra, ya que todos los operarios de recibo de materiales de ambos turnos se encuentran capacitados en los procedimientos actualizados mediante un sistema de capacitación digital de la organización, mediante la que se garantiza que los operarios pueden llevar a cabo los procesos únicamente si se encuentran entrenados en los mismos.

De manera adicional se realiza un análisis con respecto a la productividad de recibos para cada uno de los turnos, para identificar si existe una diferencia significativa en la cantidad de materiales recibos en cada uno de los turnos. En este análisis se revisaron las primeras 12 semanas de 2015 y se obtuvieron los siguientes resultados.

Turno	Recibos	Operarios	Recibos por operario
A	4410	5	882
B	2419	3	806

*Cuadro 13. Comparación turnos*

Como se observa en el cuadro 13 entre los operarios de los turnos, únicamente existe una diferencia de 76 recibos por operario, lo cual representa una disminución en la productividad de recibos en el turno B de ocho por ciento. De acuerdo con estos resultados y el análisis de los datos entre los turnos A y B, con base en la cantidad de recibos por operario, existe una diferencia menor al diez por ciento, por lo cual se descarta que esta sea fuente de variabilidad del proceso de recibo.

## 10.2. Hallazgos de la variabilidad en el proceso de recibo en el área de bodega

### 10.2.1. #1 Factores no influyentes en el proceso

Al realizar un análisis de los factores, se determina que no influyen en la variabilidad del proceso de recibo: la mano de obra, debido a que existe menos de un diez por ciento de diferencia en la productividad de los operarios del turno A y el turno B, lo cual se considera que no es fuente de variabilidad y por lo tanto, se descarta. En cuanto a la maquinaria, se encuentra que es utilizada en ambos turnos, presentando un rendimiento constante, por lo que no posee influencia en la variabilidad del proceso.

Además, en cuanto al factor del material, se halla que el tipo de contenedor y la cantidad de materiales dentro del mismo tampoco provocan variabilidad, debido a que en el análisis de Anova se generan  $R^2$  menores a 15,6%, lo que significa que este factor explica un porcentaje muy bajo de la variabilidad total del proceso, por lo tanto, estos factores no pueden ser tomados en consideración para el análisis de variabilidad.

De igual forma se determina que el factor de método, no es un generador de variabilidad, ya que existe menos de un uno por ciento de no conformidades con respecto a incumplimientos en el procedimiento del método.

### 10.2.2. #2 Actividades que agregan variabilidad

Al analizar el proceso de recibo se divide el mismo en cuatro, con el fin de estudiar el efecto del tipo de materia prima sobre el tiempo de recibo los cuales son: general, metales preciosos, paquetería y

químicos. Se observa que poseen un aumento de tiempos de 34.41%, 28.33% y 43.57% respectivamente en comparación con el general, por lo que el tipo de materia prima que se reciba es un generador significativo de variabilidad y conlleva al área de bodega a incurrir en impactos económicos de \$31,679.00 correspondientes a pagos por demoras a contenedores y horas extra. De acuerdo con la cantidad de recibos durante un mes, uno de cada cuatro materiales que ingresan a la bodega poseen un proceso de recibo diferente al general, a lo cual se asocia la variabilidad del proceso, esto provoca retrasos en el flujo de salida y al mismo tiempo en la entrada de materiales, lo que se traduce en una inversión económica al necesitar operarios extra y el pago por demoras.

### *10.2.3. #3 Variabilidad dentro de las familias de materias primas*

Al realizar el estudio se determina que la variabilidad asociada al método es inherente del proceso por su naturaleza, ya que se reciben materias primas que poseen procedimientos de recepción diferentes entre sí y no se puede prescindir de ellos. Por lo tanto, se estudia la variabilidad entre las familias de químicos, paquetería y metales preciosos para determinar el efecto de los materiales dentro de cada una de ellas. Con respecto a los metales preciosos se establece que el proceso no posee variabilidad dentro de él mismo, ya que todos los materiales son recibidos de igual manera y todos siguen el mismo procedimiento.

En cuanto a la paquetería, se tiene que existen dos métodos de recibo dependiendo del tipo de material, bajo los cuales se agrupa la totalidad de los recibos de este tipo los cuales son: cuando se debe separar por lotes el producto y cuando estos poseen procedencia de un mismo lote, este factor depende del proveedor, sus políticas y la existencia de materiales para realizar los envíos de los mismos a la empresa, por lo cual se concluye que este es un factor de variabilidad.

Por último, con respecto a los químicos se encuentran dos subprocesos principales los cuales corresponden a: los materiales con rombo de seguridad, los cuales son doce que equivalen a 4,35% de la totalidad de químicos, y los que no lo poseen, que son 274 materias primas que representan 95,65% de los químicos y generan un excedente de tiempo de diez minutos. Dentro de estos dos subprocesos se tienen otros dos los cuales son: almacenar en CHE2, que genera aumentos de tres minutos, y almacenar en CHE3, que genera aumentos de ocho minutos. Por lo tanto, se concluye que dentro del proceso de recepción de químicos, existe variabilidad.

## **11. Análisis de la composición de bodega**

### **11.1. Análisis de la composición del inventario**

Con respecto a lo definido en la problemática de este proyecto, la organización cuenta con excesos de inventarios de materias primas en su bodega las cuales generan costos asociados al almacenamiento externo de materiales y el pago de horas extra de operarios de bodega, por lo cual se establece el requerimiento de generar un perfilado de actividades, ya que según (Frazelle, Supply Chain Management, 2002) el propósito principal de esta metodología es revelar cortos y excesos en puntos principales en la cadena de abastecimiento. Las revelaciones del perfilado de actividades en término sugieren acciones para reducir los niveles del inventario cuando son detectados.

### **11.2. Delimitación de materias primas**

De acuerdo con la lista de materiales de la organización en la bodega de BSC Coyol se almacenan 14.181,00 materiales. En este grupo de materiales se encuentran repuestos de máquinas, plásticos, químicos, materias primas obsoletas, metales y paquetería, entre otros, por lo cual se necesita realizar una

delimitación para efectuar el estudio en aquellas materias primas relacionadas directamente con los productos terminados.

En la siguiente lista se detallan los materiales que son excluidos del estudio y su respectiva justificación:

- **Obsoletos:** son materias primas que ya no son requeridas para producción y no se encuentran ligadas a ningún BOM de producto terminado. Estas materias representan apenas nueve mil dólares del valor del inventario, es decir, menos de un uno por ciento del valor del inventario de la bodega. De acuerdo con la contraparte, estos materiales volumétricamente no tienen un impacto significativo en la bodega, por lo cual pueden ser descartados en el análisis del estudio.
- **Machine Shop:** estas son todas las materias primas que se utilizan en el taller donde se fabrican piezas que son empleadas como repuestos para la maquinaria de producción. Estos materiales son excluidos, ya que no van relacionados con el producto terminado y además, se encuentran fuera de la planeación del Departamento de Compras.
- **Repuestos:** estos son materiales requeridos para las reparaciones de la maquinaria utilizada en producción. Estos materiales cuentan con su área respectiva de almacenamiento, por lo cual no representan un impacto volumétrico en la bodega.
- **Materias primas de Opticross, Filterwire y Expel:** estas son las tres familias de productos terminados más nuevas de la compañía y las materias primas asociadas a estos productos terminados no cuentan con datos históricos de consumo, inventario, ingresos u otros, ya que son líneas de producción que no han iniciado operación.

Finalmente, aquellas materias primas que sí serán incluidas dentro del estudio son los metales, los materiales de empaque, los plásticos, los químicos que se encuentran ligados a los productos terminados. Una vez realizada esta delimitación, se define que el estudio se concentrará únicamente en 981 materiales almacenados en la bodega de BSC.

Para el análisis del inventario relacionado con la categorización del inventario se consideraron todos los tipos de materiales, ya que la problemática se encuentra ligada al volumen en tarimas que ocupan la bodega, así que es indispensable efectuar un análisis en conjunto de todas las materias primas para identificar cuáles son aquellas que tienen un mayor impacto volumétrico en relación con la totalidad del espacio de almacenamiento. En caso de realizar un análisis segmentado o por tipo de material, se obtendrían aquellas materias de mayor impacto dentro de su mismo tipo de material, pero esto no garantiza que estos materiales a su vez tengan un impacto de similar proporción, cuando se analiza el impacto en tarimas que puede tener en relación con todos los tipos de materiales en la bodega.

### 11.3. Categorización del inventario

Los excesos de inventario en la bodega de BSC generan una sobreutilización de los espacios disponibles para el almacenamiento, por lo cual se establece como primer criterio para el perfilado de actividades la rotación volumétrica en tarimas, con el fin de identificar las materias primas que más cantidad de tarimas mueven en la bodega. Para cuantificar este parámetro en cada uno de las materias primas, se utiliza la fórmula presentada a continuación.

$$\text{Rotación volumétrica (tarimas)} = \text{Consumo en unidades} * \frac{\text{Tarima}}{\text{Unidades}}$$

Donde el cociente de tarimas/unidades se refiere a la cantidad de unidades que son requeridas para completar una tarima para cada material, los cuales son facilitados por la organización. Los datos de consumo en unidades son obtenidos mediante reportes de SAP para cada uno de los materiales durante los meses de agosto, setiembre y octubre del 2015.

Los inventarios de materias primas son típicamente inversiones que son difíciles de convertir en activos líquidos, por lo cual son considerados una inversión riesgosa según (Frazelle, Supply Chain Management, 2002). Considerando lo anterior, se define como segundo criterio para el perfilado de actividades, el costo de las materias primas entregadas a producción provenientes de la bodega de BSC. Para calcular este parámetro se utiliza la siguiente fórmula.

$$\text{Costo de materias primas} = \text{Consumo en unidades} * \text{costo unitario}$$

Donde el valor del costo unitario actualizado de las materias primas es facilitado por el Departamento de Compras de BSC y el consumo en unidades es obtenido de reportes de SAP para cada uno de los materiales durante los meses de agosto, setiembre y octubre del 2015.

### 11.3.1. Perfilado de actividades

Para la determinación de las clases para cada uno de los materiales, se establece que los materiales A abarcan un sesenta por ciento del parámetro en estudio, los B completan el ochenta por ciento y los C el veinte por ciento final que completa la totalidad de parámetros.

- Rotación volumétrica

En la siguiente figura se presenta la cantidad de SKU's para cada una de las calificaciones.

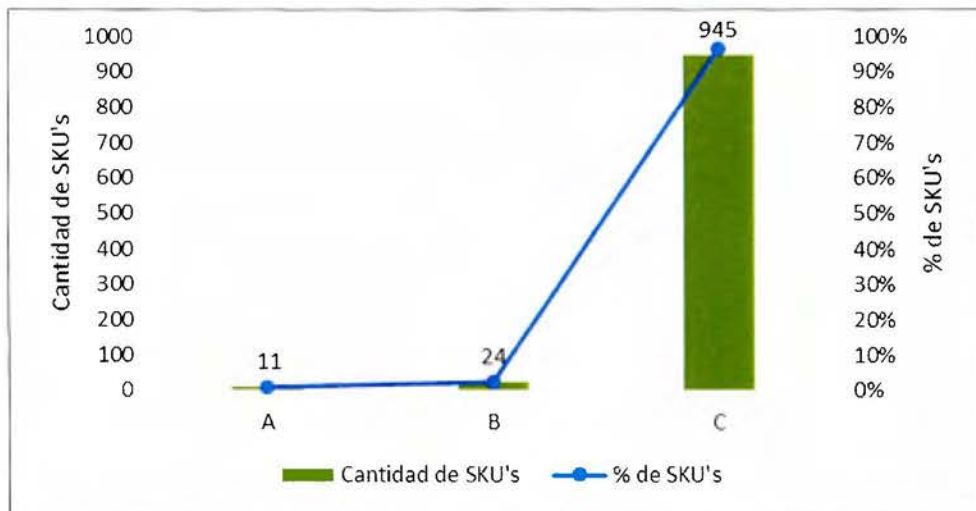


Gráfico 1. Perfilado de actividades: rotación volumétrica

Como se observa en el gráfico, la rotación volumétrica de la bodega de BSC se concentra en únicamente once materiales, los cuales representan un 1,12% de los materiales.

Estos datos fueron validados con el personal de la bodega, los cuales confirman que debido a la industria a la que pertenece Boston Scientific y el tipo de productos que manufacturan, la gran mayoría de sus materias primas son piezas pequeñas. Por lo cual, a pesar de tener una alta rotación en unidades,

poseen un volumen muy bajo y al convertir esta rotación a tarimas poseen una proporción baja en relación con la totalidad de tarimas que rotan en la bodega.

Los once materiales determinados como clase A en rotación volumétrica, son principalmente materiales de empaque, entre los cuales destacan cajas, bandejas plásticas y cables largos, que son utilizados en muchas de las líneas, por lo tanto, tienen un consumo regular y además, poseen un alto volumen como lo demuestran las siguientes imágenes.

- Costos

En la siguiente figura se presenta la cantidad de SKU's para cada una de las calificaciones.

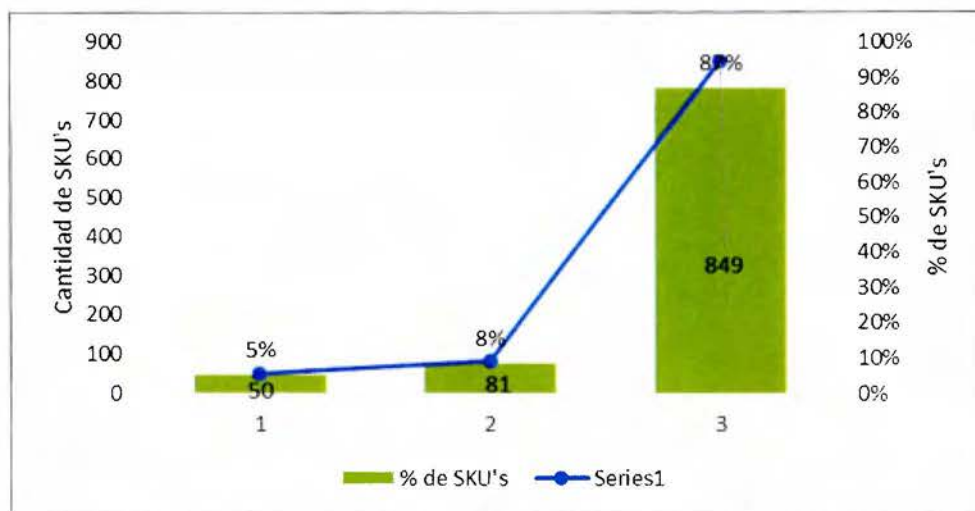


Gráfico 2. Perfilado de actividades: costos

De acuerdo con los resultados, el 60% de los costos incurridos por producción durante los meses en estudio son asociados a 50 materias primas que representan un cinco por ciento de la totalidad de SKU's.

Los resultados de este perfilado de actividades fueron discutidos con la contraparte para ser analizados y se determina que a causa de la composición de los productos terminados de BSC, la gran mayoría de materias primas utilizadas son de bajo costo tales como cajas corrugadas, bandejas plásticas, piezas plásticas, cables plásticos y químicos, los cuales generan que el 86% de las materias primas tengan clasificación C. Estos materiales de clasificación C en costos, son usualmente productos con un volumen alto como lo son las cajas y las bandejas, pero con un costo bajo.

Por otro lado, las materias A en costos son principalmente piezas metálicas que son utilizadas como moldes o cables de metales preciosos como oro y platino de dimensiones largas, para ser empleados en productos de gastroenterología. También en esta categoría destacan piezas pequeñas de aluminio que son usadas en varios productos para captar muestras para biopsias. Estos materiales se caracterizan por ser volumétricamente pequeños y ocupar pocos espacios en la bodega.

- Definición de clases

Posterior a la determinación de las clases para los dos parámetros establecidos en el perfilado de actividades, se procede a establecer una clasificación tomando en cuenta ambos criterios para precisar aquellas materias primas que poseen niveles similares de peso específico para los criterios en estudio.

Para establecer esta clasificación, considerando como eje principal del proyecto la problemática relacionada con la utilización de espacio en la bodega de BSC, todas aquellas materias primas que sean A y B en rotación volumétrica van a ser clasificadas como A en la clase general, en la cual se incluyen 35 materiales los cuales representan un cuatro por ciento.

Para la categoría B general se consideraron las materias primas que tuvieran clasificación C en rotación volumétrica y los materiales clasificación A y B en costos, los cuales incluían 175 SKU's que representan un 18%.

Finalmente, las materias primas clasificación C en costos y rotación volumétrica eran categorizadas de nuevo como C en la clasificación general. En esta categoría se encuentran 770 SKU's los cuales representan un 79% de los materiales.

A continuación, se presenta un cuadro resumen con la determinación de las clases generales.

Clase general	Clasificaciones incluidas	% de SKU's
<b>A</b>	AA	4%
	AB	
	AC	
	BA	
	BB	
	BC	
<b>B</b>	CA	18%
	CB	
<b>C</b>	CC	79%

Cuadro 14. Resumen de perfilado

Como se observa en la tabla, los materiales A representan un cuatro por ciento del total de los SKU's lo cual quiere decir que en cuanto a los criterios de rotación volumétrica y costos, existe una concentración en 35 materiales que representan un 80% del volumen en tarimas que se moviliza en la bodega.

### 11.3.2. Sincronización del Inventario

Adicionalmente, se procede a realizar una sincronización del inventario en el cual se calcula el porcentaje del valor del inventario que tiene cada una de las clases definidas, estos resultados se registran en la siguiente gráfica:



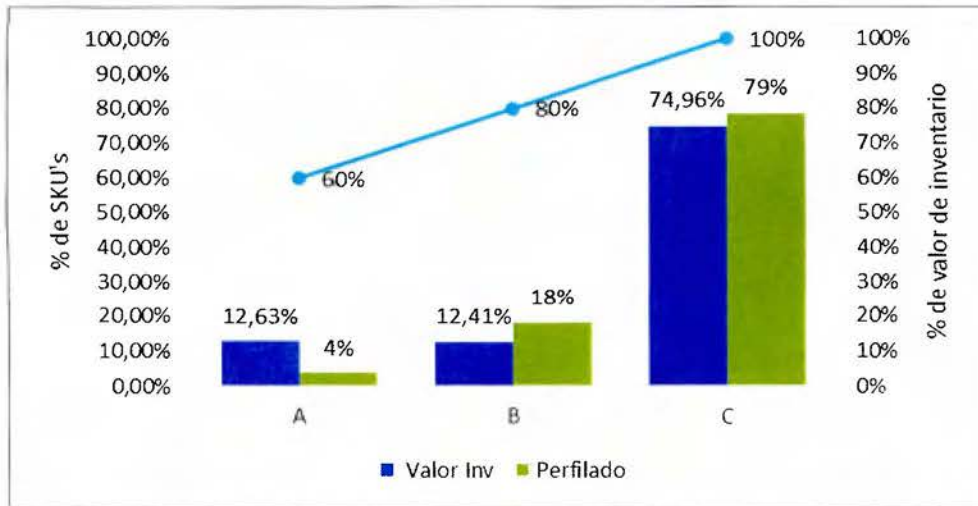


Gráfico 3. Sincronización del inventario

Como se observa en el gráfico, los materiales clasificados como C poseen un 74,96% del valor del inventario de la bodega de BSC, lo que refleja que las materias primas que volumétricamente se mueven menos dentro de la bodega, son las que tienen más peso en el valor del inventario. Esto coincide con lo mencionado por la organización en cuanto a que las materias primas de mayor valor usualmente tienen dimensiones pequeñas y poseen una baja rotación en cuanto al volumen. El valor del inventario de materias primas se concentra principalmente en un 79% de los SKU's, los cuales en cuanto a volumen dentro de la bodega requieren poco espacio.

De forma contraria, las materias primas de clasificación A siendo un cuatro por ciento de la totalidad de los SKU's son responsables del 80% del movimiento volumétrico dentro de la bodega y tienen un peso de 12,63% en el valor del inventario. Con respecto a la problemática establecida en el proyecto, una disminución en los niveles de inventario de estos materiales implicaría una disminución significativa en la utilización del espacio de la bodega de BSC, pero no así en el valor del inventario.

En relación con el proyecto, estos materiales con clasificación A son definidos con el objeto de estudio debido a su peso significativo dentro de la rotación volumétrica en la bodega, la cual de manera directa tiene inherencia en la utilización de la misma, porcentaje que fue establecido como indicador de éxito para el proyecto. A pesar de no contar con un peso específico mayoritario en el valor del inventario, estos materiales son los que más impacto tienen operativamente dentro de la bodega en actividades debido a su alta rotación volumétrica, por lo que generan un impacto en los niveles de inventario de estos materiales, potencialmente esto podría implicar una mejora significativa.

#### 11.4. Hallazgos composición de bodega

##### 11.4.1. #4 Distribución de materiales en el área de bodega

A partir del análisis anterior, se observa la composición volumétrica y por costos de la bodega, la cual posee la característica de que la mayoría de los productos son pequeños (96% de los 980 bajo estudio), por lo cual requieren poco espacio de almacenamiento, sin embargo, poseen asociados los costos más altos de las materias primas para la empresa, equivalente a un 87% de este. Por otro lado, la minoría de

las materias primas es la que posee la mayor ocupación volumétrica de la bodega, entre las cuales destacan los materiales de empaque que tienen bajo costo asociado.

#### *11.4.2. #5 Materias primas de mayor impacto volumétrico*

A través de la realización del perfilado de actividades, se determina que un cuatro por ciento de los SKU's (35 materias primas) representan la clase A, es decir un 80% de la rotación volumétrica en la bodega se encuentra relacionada en apenas un porcentaje muy bajo de las materias primas, pero no así el valor del inventario, ya que este cuatro por ciento de las materias primas apenas representa un 12,63% del valor del inventario. Esto se debe a que los materiales de mayor impacto volumétrico son principalmente materiales de empaque los cuales tienen un alto volumen en tarimas, pero son de bajo costo.

#### *11.4.3. #6 Sincronizado del inventario*

El valor del inventario en la bodega de BSC Coyoil se concentra en aquellas materias que volumétricamente tienen menos impacto, lo cual quiere decir que los materiales con mayor costo y menor rotación en tarimas son aquellos en los que se centraliza el valor del inventario en bodega. Las materias primas que tienen mayor significancia en cuanto a cantidad de tarimas, son de bajo costo y representan únicamente un catorce por ciento del valor del inventario.

## **12. Análisis del proceso de gestión de inventarios**

### **12.1. Análisis del proceso de planeación de compra**

El proceso de determinación de solicitudes de materias primas es una actividad fundamental y crítica en la gestión de inventarios de toda planta de producción. Para el caso de Boston Scientific es el Departamento de Compras quien se encarga de efectuar estos pedidos de materiales basándose en el procedimiento de compras establecido para llevar a cabo este proceso.

Este procedimiento de forma rigurosa y exhaustiva explica los pasos que los compradores de materias primas deben realizar para efectuar de manera estandarizada la determinación de órdenes de compra, con el objetivo de suplir los requerimientos de inventario con respecto a la demanda de producción. Este procedimiento, las políticas y el modelo de reaprovisionamiento de compras son los mismos para todos los tipos de materias primas, es decir el proceso de determinación de pedidos para los químicos, los plásticos, los materiales de empaque y los metales son iguales.

El proceso del Departamento de Compras, por consiguiente, de los compradores de materias primas, inicia anualmente con una sesión de S&OP en la cual en conjunto con los Departamentos de Mercadeo y Ventas determinan los pronósticos de producción para todos los meses del año en curso. Finalizado este S&OP se ingresa esta demanda al sistema SAP, el cual procede a establecer los requerimientos de forma temporal durante todo el año, de manera que los compradores puedan tener proyecciones aproximadas de los inventarios que van a ser requeridos.

De forma mensual, de nuevo se realiza otro S&OP con los mismos departamentos involucrados, con el objetivo de revisar las cantidades mensuales que se habían establecido previamente en el pronóstico anual y se ponen en firme las cantidades que van a ser requeridas en producción para el próximo mes, así sucesivamente durante todo el año. Finalmente, estas cantidades son ingresadas al sistema de forma definitiva y son consideradas como los requerimientos finales de producción.

Para la determinación de pedidos de materias primas por parte de los compradores, de acuerdo con el procedimiento de compras, deben ejecutar una transacción en SAP que les genera un reporte que contiene la lista de materias primas y cantidades que deben solicitar a los proveedores. El sistema genera este reporte considerando los niveles actuales de inventario y los requerimientos de producción que se encuentren cargados al sistema e indica de manera cronológica durante todo el año cuándo deben ingresar los pedidos a la bodega y en qué cantidad.

El sistema refleja las cantidades de inventario final de cada semana y con respecto a esta cantidad define los pedidos de materia prima que deben ingresar por periodo para suplir los requerimientos. Las cantidades de los pedidos son determinados en función de la demanda que se encuentre cargada en el sistema, por lo que es posible determinar que aplican un modelo de reaprovisionamiento *pull*, ya que es el requerimiento de producción el que define los ingresos de materia prima y por lo tanto, los niveles de inventario que se manejan durante cada semana.

Un factor determinante en la definición de los pedidos de materia prima que genera el sistema SAP es el *stock* de seguridad de cada una de las materias. De acuerdo con la programación del sistema, este plantea los ingresos teniendo como objetivo que en inventario se tenga como un mínimo la cantidad determinada como *stock* de seguridad y por consiguiente, determina los pedidos en función de que siempre se tenga todo el inventario de seguridad sin utilizar.

De acuerdo con el Departamento de Compras, en el procedimiento de compras no se determina de manera estandarizada un método para definir el *stock* de seguridad de cada una de las materias primas, por lo cual cada uno de los compradores determina los *stocks* de seguridad de sus materias primas según su criterio. Según los datos obtenidos en entrevistas a los compradores, los *stocks* de seguridad son determinados considerando únicamente el lead time del proveedor por lo cual aquellas materias primas de proveedores nacionales tienen un stock de seguridad para cubrir aproximadamente dos semanas de consumo y para aquellas de proveedores internacionales un mes de consumo.

Estas cantidades se mantienen estáticas durante todo el año independiente de la demanda que se tenga de cada materia prima, es decir en un mes con altos volúmenes de producción va a manejarse en inventario la misma cantidad de *stock* de seguridad que en un mes de bajo volumen de producción. Esta política es contradictoria en relación con el sistema de reaprovisionamiento *pull* que utiliza la organización, ya que este inventario de seguridad no se encuentra ligado a la demanda y únicamente corresponde a una cantidad definida con respecto al tiempo de aprovisionamiento del proveedor, sin considerar la demanda real ni la variabilidad en el consumo.

Una vez generado este reporte los compradores revisan cada uno de los materiales en la lista para asegurarse de que las cantidades y los materiales solicitados por el sistema se ajusten realmente a la necesidad de la planta y en caso de ser necesario, pueden realizar ajustes en las cantidades o los materiales para suplir requerimientos adicionales que no se encuentren cargados en el sistema.

Adicionalmente, el Departamento de Compras lleva un indicador de cobertura de días de inventario que es revisado de forma periódica con el objetivo de alcanzar la meta planteada por la gerencia de contar con un máximo de un mes de inventario. Este indicador de cobertura es el resultado del cociente del valor en dólares de las exportaciones del mes de producto terminado entre el valor del inventario final de ese mismo mes como se presenta a continuación.

$$\text{Días inventario} = \frac{\text{Valor de exportaciones del mes}}{\text{Inventario final del mes}} * \text{Días del mes}$$

Esto quiere decir que únicamente se considera el factor económico para la determinación de cobertura, el cual no se encuentra relacionado de ninguna manera con la cantidad de días de consumo que puede cubrir el inventario actual y además, el valor de exportaciones tampoco tiene relación alguna con la cobertura respecto a las necesidades de producción durante un mes. Por lo tanto, sobrepone el valor económico del inventario encima de la cobertura real, de forma que este indicador en realidad no refleja los días de cobertura que se encuentran actualmente, sino únicamente una relación entre el valor de exportación y el valor de inventario.

Adicionalmente, al contar con una demanda cambiante durante todos los meses y gestionar el inventario con modelo de reaprovisionamiento *pull*, es contradictorio considerar una valoración de los meses de cobertura, ya que en cada periodo se cuenta con niveles de inventario asociados a la demanda, la cual al ser variable mensualmente, tiene un valor de acuerdo con la demanda del mes.

## 12.2. Análisis de inventario de seguridad

La necesidad del *stock* de seguridad se establece según (Chopra, 2008) debido a que la demanda es incierta y puede superar las expectativas, las compañías mantienen un inventario de seguridad para satisfacer una alta demanda inesperada. De acuerdo con (Frazelle, Supply Chain Management, 2002) el *stock* de seguridad se encuentra en la bodega para brindar un servicio aceptable al cliente para enfrentar imprevistos de demanda durante el tiempo de aprovisionamiento del proveedor.

El *stock* de seguridad dentro de una bodega de materias primas es indispensable según lo establecido por los autores citados. Como se estableció previamente la organización actualmente tiene establecido un *stock* de seguridad de manera arbitraria sin considerar la demanda, la variabilidad ni *lead time* de proveedores tal y como lo establece (Ghiani, Introduction to logistic system planning and control, 2004) en la siguiente fórmula de cálculo teórico del *stock* de seguridad.

$$I_s: l - d * t_l$$

$$d * t_l = z_\alpha * \sigma_d * \sqrt{t_l}$$

Donde:

$I_s$ : Inventario de seguridad

$l$ : Punto de reorden

$d$ : Demanda distribuida acorde a una distribución normal

$t_l$ : tiempo de entrega del proveedor

$z_\alpha$ : Valor bajo el cual una variable aleatoria tiene probabilidad normal  $\alpha$

$\sigma_d$ : Desviación estándar de la demanda

Al no contar con estos parámetros para el establecimiento del *stock* de seguridad, se considera que es requerido establecer un análisis para garantizar que los niveles de inventario actuales que están

provocando excesos de días de inventario y la saturación de las posiciones de almacenamiento se deban en parte a un *stock* de seguridad arbitrario.

Para decidir el inventario de seguridad se necesita buscar un equilibrio entre los costos de tener mucho inventario y los de perder ventas o producción por falta de insumos según (Chopra, 2008). Como se estableció en la propuesta del proyecto, los niveles actuales de inventario provocan las horas extra en los operarios de bodega, los costos en almacenamiento externo y los pagos por demoras en contenedores por esperas a causa de la falta de espacio. Estas problemáticas indican de forma preliminar que no existe el equilibrio mencionado por el autor y que se cuenta con más cantidades de inventarios como objetivo de garantizarse mayor cobertura y reducir el riesgo de faltantes de materiales.

Para analizar el *stock* de seguridad de la organización, se estableció el cálculo del inventario final en los meses de agosto, setiembre y octubre de 2015 para conocer y definir los porcentajes que fueron consumidos de las materias primas bajo estudio. Esto con el objetivo de identificar cuánto de este *stock* fue necesario en esos meses y cuánto no era requerido, por lo tanto puede ser considerado un exceso innecesario.

Para efectuar este análisis se tomó como base la siguiente fórmula para determinar los inventarios al finalizar los meses en estudio.

$$\text{Inventario final} = \text{Inventario inicial} + \text{Ingresos a bodega} - \text{Consumo de producción}$$

Todos los datos mediante los cuales se efectúan los cálculos fueron facilitados por la organización y fueron obtenidos mediante reportes de SAP en los meses de agosto, setiembre y octubre del presente año. Estos datos obtenidos en inventarios excedentes fueron convertidos a tarimas para cuantificar el impacto volumétrico que tienen en la bodega de BSC Coyol el cual se presenta en la siguiente gráfica.

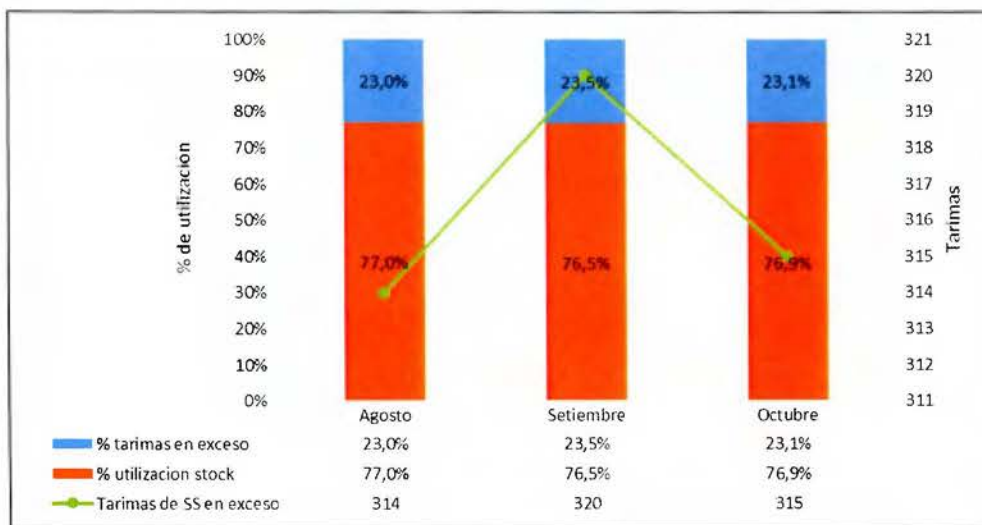


Gráfico 4. Impactos de excesos en utilización de bodega

Con respecto a la gráfica se observa que en promedio 316 tarimas en los tres meses bajo estudio, se encuentran en exceso dentro de la bodega de BSC Coyol, lo cual indica que un 23% de la utilización de la bodega son materias primas que no eran requeridas y por lo tanto, ocupan espacios de forma innecesaria.

De acuerdo con lo mencionado previamente, los inventarios que deberían quedar al final de cada mes deberían corresponder al inventario de seguridad que fue establecido para prevenir contingencias en los niveles de inventario. A estos inventarios finales de los meses en estudio, se les comparó con respecto al *stock* de seguridad establecido por la organización para definir cuánto era el porcentaje que fue utilizado para cada una de las materias primas en los meses bajo estudio como se observa en la siguiente fórmula;

$$\% \text{ de stock de seguridad utilizado} = \frac{\text{Stock de seguridad} - \text{Inventario final}}{\text{Stock de seguridad}}$$

y se obtuvieron los siguientes resultados.

	Agosto	Setiembre	Octubre
<b>% promedio de SS sin uso</b>	75%	75%	78%

*Cuadro 15. Promedio de SS sin uso.*

Así mismo como se observa en la tabla, de las treinta y cinco materias primas en promedio, de la categoría A, el *stock* de seguridad sin ser utilizado con respecto al inventario final de cada mes para setiembre y agosto es de 75% y para octubre registra un 78%. Estos datos corresponden a la política estática de compras que tiene la organización, mediante la cual busca mantener ciertos niveles de inventario constantes y esto se ve reflejado en una variación muy baja entre los porcentajes de *stock* de seguridad sin uso.

Con estos datos queda en evidencia que la gran parte de los *stocks* de seguridad no son consumidos durante estos meses, lo cual indica que potencialmente el valor de esto definido de forma no estandarizada es muy elevado con el objetivo de mitigar el riesgo de un desabasto, por lo cual se mantienen siempre niveles altos de inventario de estas materias primas cuando no es requerido, lo que genera los impactos mencionados a nivel operativos y de costos.

De los treinta y cinco SKU's dentro de los meses en estudio, en promedio un 80% no consume más de un 30% del *stock* de seguridad, lo cual quiere decir que para estos tres meses, un 70% de ese inventario de seguridad no era requerido, por lo tanto se considera como excedente. Al tener en estudio a las materias primas con mayor rotación volumétrica en la bodega, es posible establecer que al tener un 70% del *stock* de seguridad en excedentes, son estos niveles altos de inventario los que generan una sobreutilización de los espacios en bodega, lo que causa la necesidad de almacenamiento externo. Los resultados de estos análisis se observan en la siguiente gráfica.

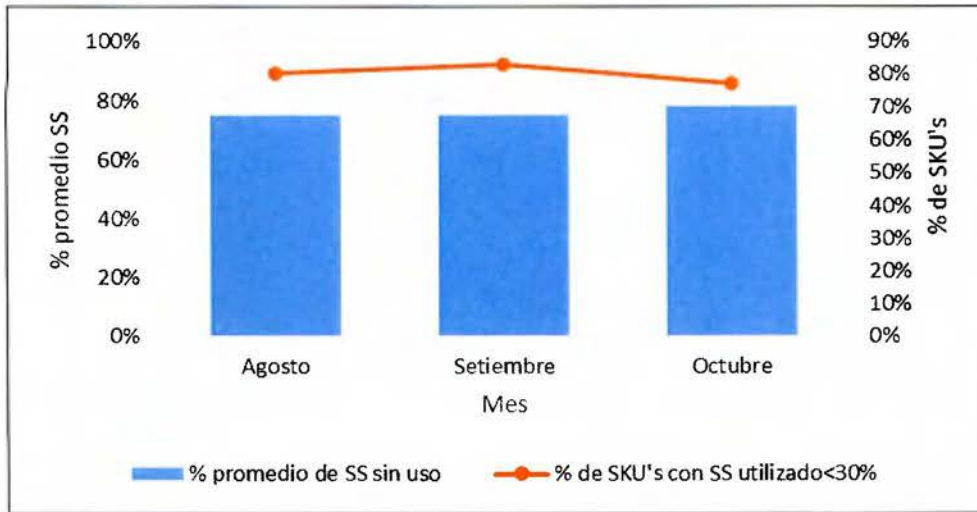


Gráfico 5. Stock de seguridad sin uso

A nivel volumétrico estas materias primas son aquellas con mayor impacto en la utilización de la bodega al contar con un promedio del 76% del stock de seguridad sin uso durante tres meses, esto representa posiciones de almacenamiento que son ocupadas y por lo tanto, saturan la bodega de inventarios no requeridos. Mediante la siguiente fórmula se efectuó la cuantificación en tarimas de las cantidades de inventario correspondiente al stock de seguridad sin uso de las materias primas en estudio.

$$\text{Tarimas de SS sin uso} = \text{unidades de SS sin uso} * \frac{\text{tarima}}{\text{unidades}}$$

De acuerdo con los datos obtenidos se generó la siguiente gráfica.

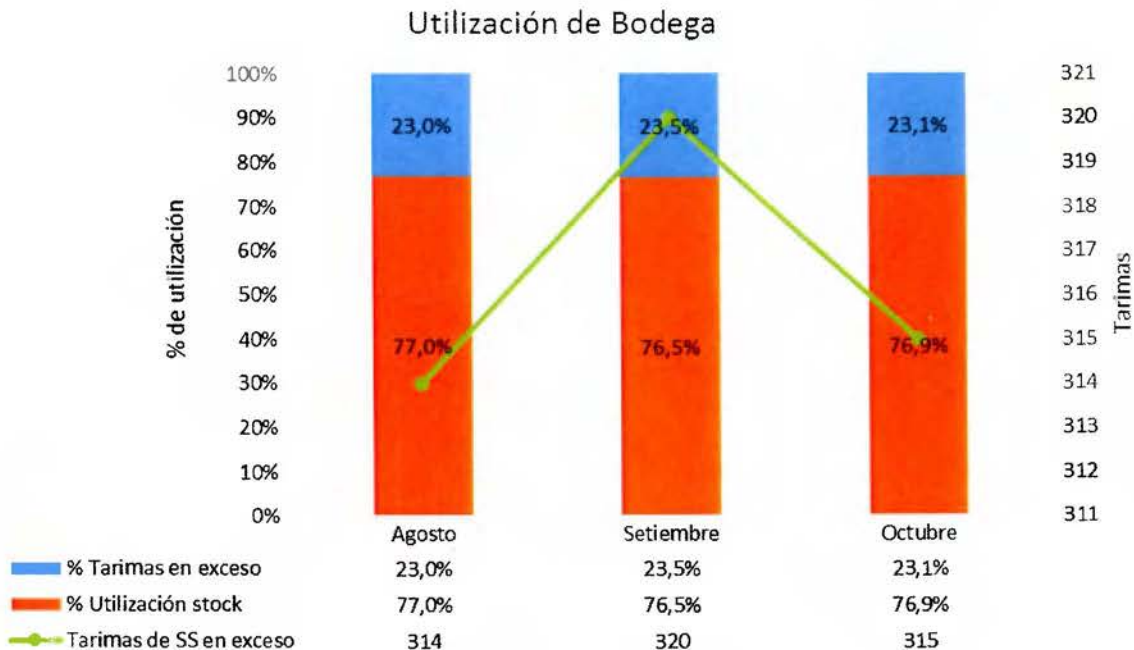


Gráfico 6. Impacto de stock de seguridad sin uso

Como se observa, un doce por ciento de las posiciones de tarima en la bodega de BSC Coyoil, lo cual representa 160 tarimas en promedio, son cantidades de materias primas que se encuentran como excedentes, debido al cálculo arbitrario del *stock* de seguridad, como además fue reflejado en los altos días de inventario analizados en el gráfico anterior. A nivel de almacenamiento, esto quiere decir que potencialmente la bodega podría desalojar estas posiciones de tarima, ya que son materias primas que no son requeridas.

Para contextualizar esta cantidad de tarimas, la organización actualmente cuenta con aproximadamente doscientas tarimas en el almacén fiscal externo debido a la saturación de las posiciones de la bodega. En caso de liberar estos espacios ocasionados por los excesos, un 80% de estas en almacenamiento externo, podrían ser reubicadas en la bodega reduciendo los costos asociados a este servicio tercerizado.

Además, el almacenamiento de estas 160 tarimas tiene implicaciones operativas dentro de la bodega, de acuerdo con el estudio de tiempos realizado por la organización, el proceso de recibo de una contenedor de 20 tarimas es aproximadamente dos días, lo cual quiere decir que estas 160 adicionales representan 12 contenedores y por lo tanto, hay una duración aproximada de 24 días. Actualmente la organización en promedio recibe 33 contenedores mensualmente, de manera que porcentualmente estos contenedores en exceso representan un 36% de los que se recibe mensualmente. A estos procesos de recibo se asocian los costos de mano de obra de los operarios de recibo y los potenciales pagos por demoras de contenedores a causa de la saturación de espacios en el área de recibo.

De forma adicional, las colocaciones de estas tarimas en exceso en los *racks* de almacenamiento, tienen un impacto operativo, ya que de acuerdo con el estudio de tiempos de la organización, transportar una tarima desde la zona de recibo hasta los *racks* de almacenamiento toma alrededor de cuatro minutos. Esto quiere decir que estas ciento sesenta tarimas en excedentes representan 640 minutos de montacarguista colocando estas tarimas, lo cual aproximadamente representa diez horas, es decir más de una jornada completa únicamente en esta actividad.

Finalmente, este exceso de materias primas y la baja rotación de las mismas, genera obsolescencias en los materiales, por lo cual es requerida la disposición, ya que la vida útil de estos ya no está vigente. Para los meses de agosto, setiembre y octubre la organización identificó \$ 99.945,00 en materias primas que habían excedido su vida útil. Estas son materias primas que deben ser desechadas, por lo que la inversión en estos inventarios se pierde, además los costos operativos para todas las actividades necesarias para transportar, recibir y almacenar estos materiales son costos que deben ligarse a la obsolescencia de materias primas.

A continuación, se presenta el árbol de realidad actual que sintetiza los síntomas, las causas y los efectos mencionados a través de este apartado:



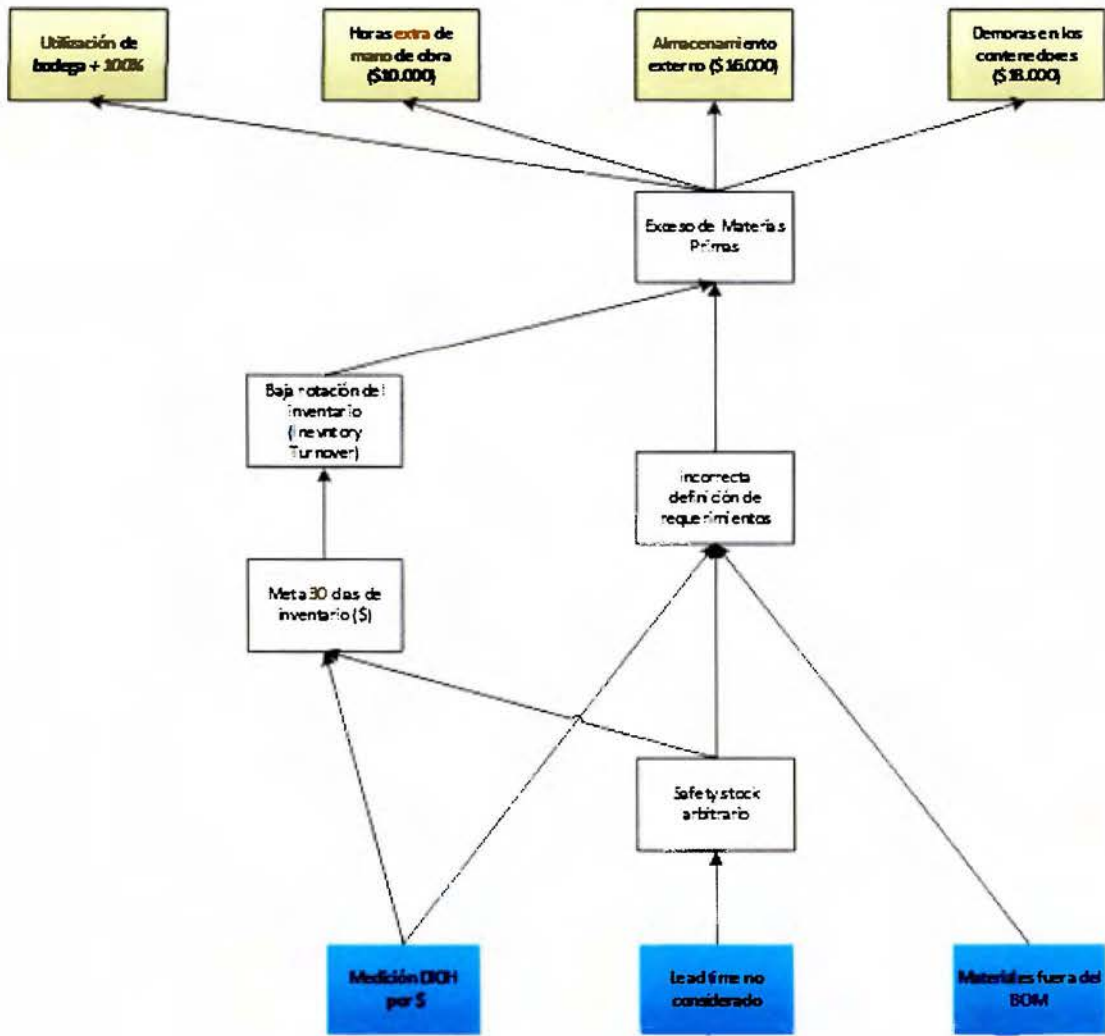


Figura 15. Árbol de realidad actual. Exceso de materias primas

### 12.3. Hallazgos del proceso de gestión de inventarios

#### 12.3.1. #7 Modelo de reaprovisionamiento pull

El Departamento de Compras realiza la planeación de los niveles de inventario utilizando un modelo de reaprovisionamiento *pull*, ya que prevén con respecto a demanda requerida en cada periodo. A pesar de esto, para la determinación de los pedidos se plantea el objetivo de no consumir los inventarios de seguridad, los cuales no son determinados de forma estandarizada, por lo cual los compradores de materias primas definen este considerando únicamente el *lead* de los proveedores y dejando por fuera el volumen y la variabilidad de la demanda.

A pesar de contar con un proceso de compras estandarizado, este no indica a los compradores la forma de cálculo del *stock* de seguridad, por lo cual este valor es definido a criterio de los compradores y en ocasiones, está sujeto a modificaciones sin justificaciones relacionadas a volúmenes de consumo.

### *12.3.2. #8 Stock de seguridad sin uso*

A partir de la determinación del porcentaje de *stock* de seguridad utilizado en los meses bajo estudio, fue posible comprobar que un 80 de las materias primas consumieron menos del 30% de este inventario, lo cual quiere decir que al menos un 70% del *stock* de seguridad definido por la empresa no es requerido, cuyo valor convertido a tarimas es en promedio 166 tarimas. Al no contar con un cálculo de *stock* de seguridad considerando la variación de la demanda, el tiempo de entrega, la variabilidad del tiempo de entrega y el punto de reorden, la empresa establece este valor sin un sustento teórico basado en estos parámetros, además de no contar en su procedimiento con una forma estandarizada de cálculo.

### *12.3.3. #9 Cálculo inadecuado de los días inventario*

El cálculo de los días de inventario elaborado por el área de Compras se realiza de manera errónea, debido a que es calculado por medio del criterio económico y no relacionado a consumo, además de considerar el valor de exportación el cual no se encuentra relacionado de ninguna manera con la cobertura de inventario. La planeación de los niveles de inventario se realiza de acuerdo con una meta de un mes de inventario, pero su cálculo es incorrecto además de ser contradictoria con el modelo de reaprovisionamiento *pull*. Es decir, los niveles de inventario de la organización son determinados de forma inadecuada buscando tener una cobertura de un mes de inventario, pero su cálculo es incorrecto además de ser contradictorio con el modelo de reaprovisionamiento.

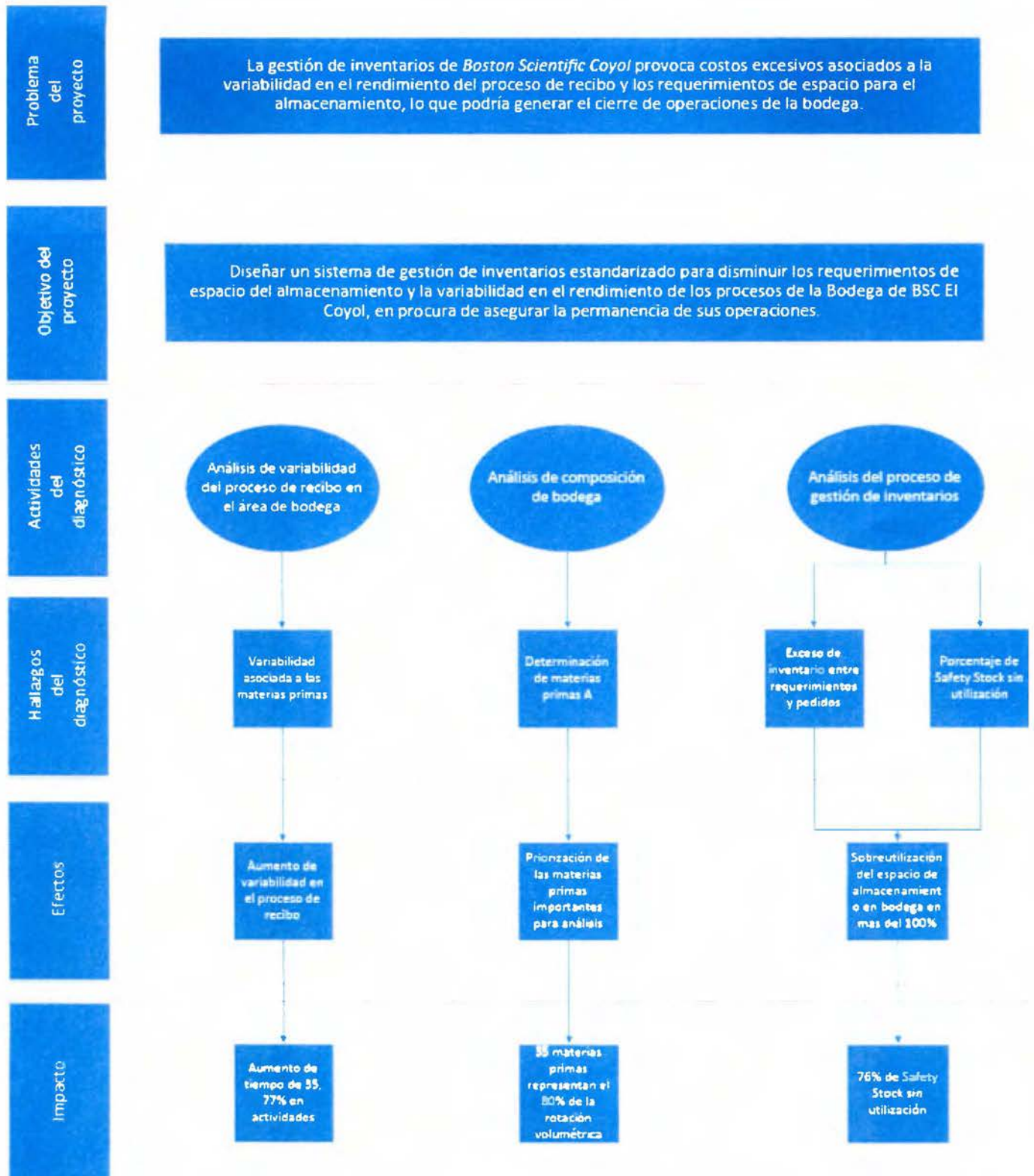
### *12.3.4. #10 Excedentes causados por stock de seguridad*

Los niveles de inventario en exceso, que fueron identificados como 166 tarimas en promedio, son ocasionados directamente por el cálculo inadecuado y no estandarizado del *stock* de seguridad, el cual genera que mensualmente se tenga este inventario sin utilizar, de forma que la bodega cuenta con esta cantidad de tarimas ocupando espacios de almacenamiento cuando no son requeridos, esto genera las problemáticas identificadas en cuanto a espacio en la bodega.

## **13. Identificación de oportunidades de mejora**

A partir de los hallazgos obtenidos a lo largo del diagnóstico, se desarrollan las oportunidades de mejora, las cuales serán la base del diseño por realizar. En total se encontraron nueve hallazgos, los cuales se sintetizan en tres oportunidades de mejora.

Previo al desarrollo de las mismas se realiza un resumen del diagnóstico el cual se puede observar en el Cuadro 16. Resumen del diagnóstico y se presenta a continuación:



Cuadro 16. Resumen del diagnóstico

### 13.1. Determinación de oportunidades de mejora

A partir de los hallazgos obtenidos a lo largo del diagnóstico se desarrollan las oportunidades de mejora, las cuales serán desarrolladas en el diseño del proyecto.

#### 13.1.1. *Desarrollar una herramienta para la gestión de inventarios*

La fórmula con la que es calculado el inventario de seguridad en la empresa carece de una base teórica que lo fundamente. Es por este motivo que se plantea el desarrollo de una herramienta de gestión de inventarios que por medio de los criterios de *lead time*, *reorder point*, la demanda y la desviación estándar correspondiente, arroje un resultado asertivo de inventario de seguridad para cada producto.

#### 13.1.2. *Rediseñar las actividades del proceso de recibo*

En la empresa se cuenta con un procedimiento establecido para la actividad de recibo de las materias primas en la bodega, sin embargo, se propone realizar un análisis de los procedimientos completos de recibo, para determinar las actividades que contribuyen a la generación de variabilidad y mediante las herramientas de análisis y diseño de procesos, definir una propuesta que disminuya la variabilidad del proceso de recibo.

## 14. Conclusiones de la etapa de diagnóstico

- La variabilidad en el proceso de recibo de materias primas se asocia a la existencia de cuatro subprocesos distintos, los cuales están asociados a los diferentes tipos de materiales que se reciben en la bodega, con tiempos y actividades diferentes entre sí. La realización de estos subprocesos por parte de los operarios de forma aleatoria, genera que se ejecuten de forma intercalada y a esto se le asocia la variabilidad del proceso de recibo, adicionalmente la existencia de variabilidad dentro de cada subproceso como lo presentan los químicos y la paquetería.
- La composición del inventario en el área de bodega se caracteriza por tener un 80% del espacio volumétrico ocupado por un cuatro por ciento del total de productos bajo estudio, lo cual equivale a 35 materias primas, conformado principalmente por materiales de empaque que representan un 12% del valor del inventario y son responsables de la mayor rotación volumétrica de área de bodega.
- El actual cálculo del inventario de seguridad genera 76% de exceso promedio a través de los meses de agosto, setiembre y octubre, lo que representa 160 tarimas en promedio, equivalentes a la cantidad que se encuentra en almacenamiento fiscal teniendo un impacto en los costos de operación de la bodega.

## CAPÍTULO III. DISEÑO

### 15. Metodología del diseño

Al realizar un análisis de la problemática encontrada en la empresa Boston Scientific se encuentra que los principales aspectos que la conforman son la variabilidad y los requerimientos de espacio, es por este motivo que el diseño del proyecto se centra en estos temas principales.

Para el aspecto de la variabilidad en el proceso de recibo se decide utilizar la herramienta de la metodología seis sigmas DMAMC, en combinación con SMED y ECRS, con el fin de estudiar a profundidad este proceso y buscar realizarle mejoras que favorezcan al mismo.

Además, para el aspecto de utilización de bodega se procede a efectuar un rediseño en el método de reaprovisionamiento, esto por medio del rediseño en estas políticas, la utilización de la metodología KANBAN, y el diseño de una herramienta que genere los niveles correctos de *safety stock* que ayude a controlar el comportamiento de los niveles de inventario.

A continuación, se presenta el mapa mental en el que se muestra la metodología de diseño por utilizar:

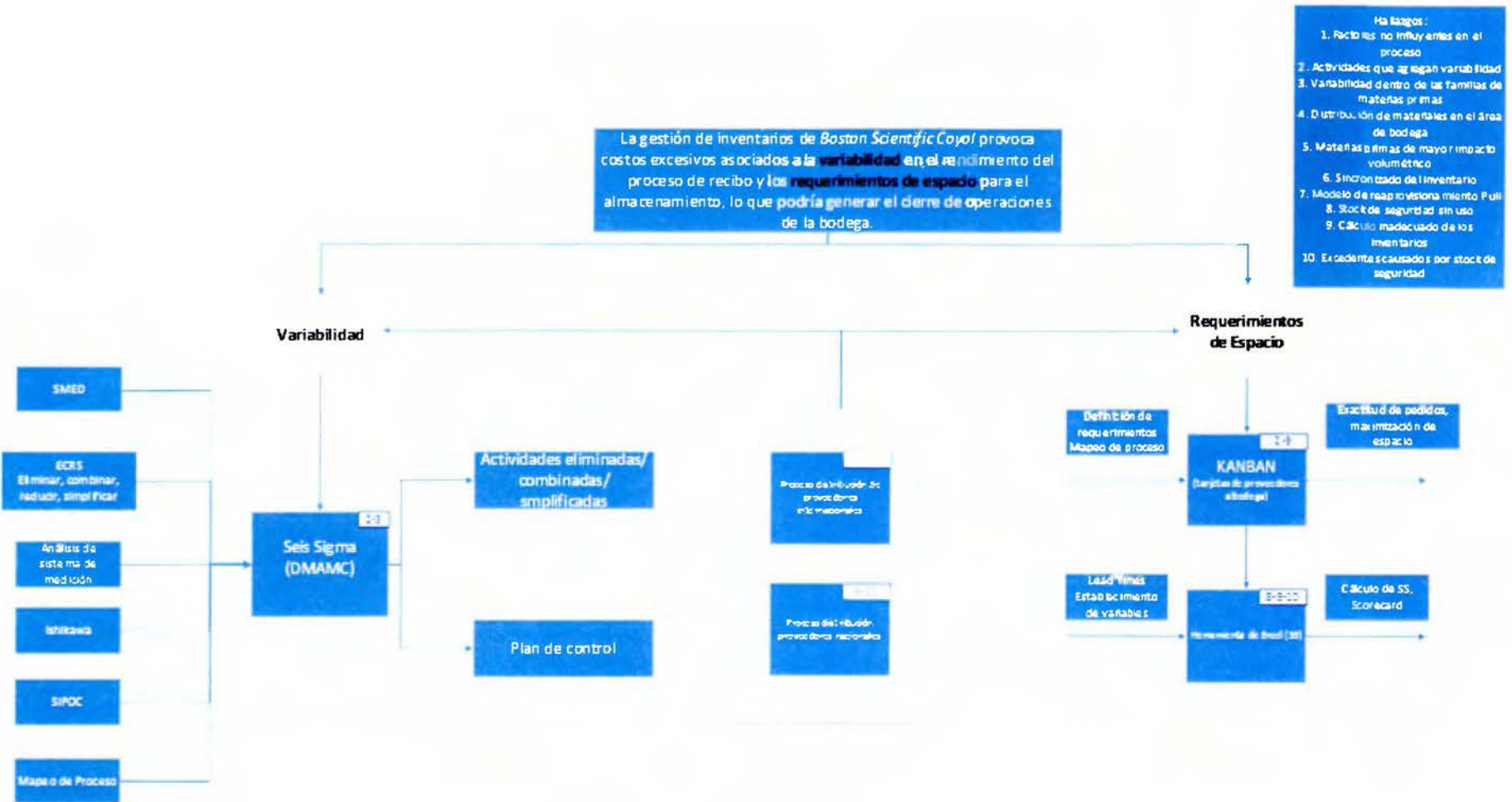


Figura 16. Mapa mental diseño

## 16. Etapas de un proyecto Seis Sigma

En 1987 seis sigma fue introducida por primera vez en la empresa Motorola con el fin de reducir los defectos en su producción. Como menciona (Rojas, 2009), Mikel Harry director de la iniciativa de seis sigmas en Motorola, define esta metodología como un proceso de negocio que permite a las empresas mejorar en gran medida su cuenta de resultados, mediante el diseño y el seguimiento diario de las actividades cotidianas, de manera que se minimice el desperdicio, a la vez que se maximiza la satisfacción del cliente.

Además, según (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009), seis sigmas es una estrategia de mejora continua del negocio que busca mejorar el desempeño de los procesos de una organización y reducir su variación, con ello, es posible encontrar y eliminar las causas de los errores, los defectos y los retrasos en los procesos del negocio.

El nombre de seis sigma, viene de la letra griega sigma ( $\sigma$ ), que es utilizada en la estadística como representación de la variación de una población con respecto a la media, por lo que dicho término hace referencia a un nivel de calidad capaz de producir con un mínimo de 3,4 defectos por millón de oportunidades, la cual puede ser aplicada tanto a los procesos de empresas de producción como de servicios. La estrategia de la metodología seis sigma está fundamentada en el pensamiento estadístico, es robusta y se encuentra enfocada en las áreas de acción: la satisfacción del cliente, la reducción del tiempo de ciclo y la disminución de los defectos.

Asimismo, se tiene como pensamiento que los datos no resuelven los problemas por sí solos, debe utilizarse una metodología para poder procesarlos y aprovechar su información. Los proyectos desarrollados con seis sigma utilizan la metodología de cinco fases: DMAMC y sus herramientas relacionadas, por lo que será la herramienta utilizada en el proyecto de la empresa BCS El Coyol.

La metodología DMAMC está compuesta por las fases: definir, medir, analizar, mejorar y controlar, las cuales se explican con mayor detalle en la siguiente imagen:

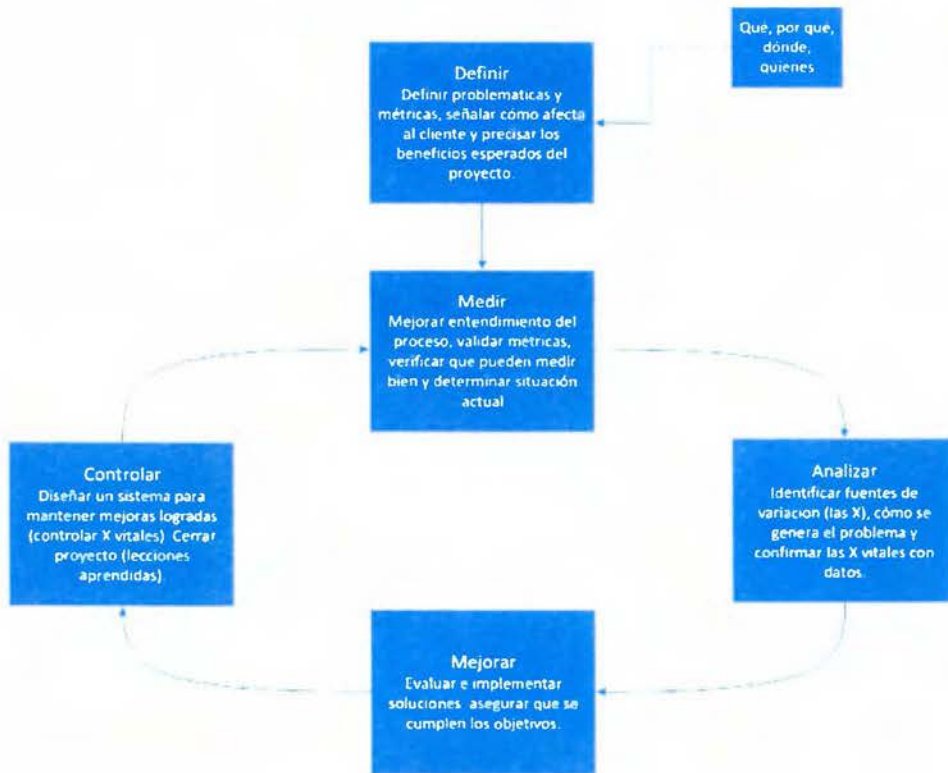


Figura 17.DMAMC

Fuente: (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009)

## 16.1. Aplicación de DMAMC en la empresa

### 16.1.1. Definir el proyecto

La primera fase de un proyecto seis sigma es la de definir el proyecto, esta fase según (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009), se enfoca en el proyecto, se delimita y se sientan las bases para su éxito. Por ello, al finalizar se debe tener claro el objetivo, la forma de medir su éxito, su alcance, los beneficios potenciales y las personas que intervienen en este.

Para definir el proyecto seis sigma en Boston Scientific, primeramente se define la problemática por tratar, la cual es: la gestión de inventarios de *Boston Scientific Coyol* provoca costos excesivos asociados a la variabilidad en el rendimiento del proceso de recibo y los requerimientos de espacio para el almacenamiento, lo que podría generar el cierre de operaciones de la bodega.

Además, se realiza una delimitación en cuanto al alcance del proyecto, se establecen los productos, las áreas y las materias primas que este incluye y cuáles serán excluidas del mismo. Por lo que el alcance del proyecto es:



- **Materias primas:** se excluyen los repuestos de equipos y los MRO's debido a que tienen una localización distinta al resto de materias primas, además se excluyen los materiales obsoletos debido a que no son utilizados en producción. Así mismo los componentes de las líneas *FilterWire*, *Opticross* y *Expel* tampoco se estudian, ya que son muy recientes y no se cuenta con información histórica para su estudio.
- **Procesos:** se estudia solamente el de recibo, el de almacenamiento de materias primas y el de la gestión de inventarios.

Por lo tanto, se define que se estudian los materiales desde que son ingresados en contenedores a las instalaciones de BSC El Coyol hasta su almacenamiento en las localizaciones de *rack* en la bodega.

Una vez definida la problemática y el alcance del proyecto se procede a listar los beneficios esperados de la implementación de este proyecto, los cuales son los siguientes:

- **Facilidad** en la planeación de los procesos del recibo y el almacenamiento en la bodega de la empresa, ya que con el desarrollo de una propuesta de gestión de inventarios se planea aumentar la eficiencia y la productividad en las actividades.
- **Disminución** del tiempo de espera de los proveedores nacionales al establecer métodos de mayor eficiencia y que permitan el aprovechamiento del espacio y el tiempo disponibles.
- **Ahorro** de gastos en el del almacén fiscal, las horas extras y las demoras, generados por la variabilidad en el rendimiento de los procesos y los requerimientos del espacio.
- **Disminución** de los días de inventario al aumentar el aprovechamiento del espacio en el área de recibo y bodega.
- **Reducción** en los tiempos de espera de la materia prima al generar una mejor utilización del espacio en las áreas de recibo y almacenamiento.

Los beneficios mencionados buscan atacar los principales problemas que enfrenta la bodega de BSC El Coyol e impactar de manera positiva a sus colaboradores, los proveedores y los clientes.

Las métricas que se utilizan para medir los beneficios del proyecto son: el porcentaje de utilización de bodega y el *inventory turnover*.

Con la información recolectada en esta fase del DMAMC se genera la tabla 1, la cual resume los hallazgos de esta etapa.

Marco del proyecto seis sigma	Fecha
<b>Titulo/propósito:</b> <b>Diseño de un sistema de gestión de inventarios para una empresa de industria médica.</b>	Abril-2015
<b>Declaración del problema:</b> <b>La gestión de inventarios de <i>Boston Scientific Coyol</i> provoca costos excesivos asociados a la variabilidad en el rendimiento del proceso de recibo y los requerimientos de espacio para el</b>	Mayo-2015

almacenamiento, lo que podría generar el cierre de operaciones de la bodega.	
<b>Objetivo:</b> Diseñar un sistema de gestión de inventarios para disminuir los requerimientos de espacio del almacenamiento y la variabilidad en el rendimiento de los procesos de la Bodega de BSC El Coyol, en procura de asegurar la permanencia de sus operaciones.	Mayo-2015
<b>Alcance:</b> <b>Materias primas:</b> los repuestos de equipos, los materiales obsoletos, los materiales utilizados en las líneas de producción <i>FilterWire</i> , <i>Opticross</i> y <i>Expel</i> , y los MRO's no serán objeto de estudio. <b>Procesos:</b> se tendrán bajo estudio únicamente el recibo, el almacenamiento de materias primas y la gestión de inventarios.	Mayo-2015
<b>Métricas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje de utilización de la bodega</li> <li>• <i>Dock to stock</i></li> <li>• <i>Inventory turnover</i></li> </ul>	Mayo-2015
<b>Fecha de inicio del proyecto:</b> Mayo-2015	Mayo-2015
<b>Fecha planeada para finalizar el proyecto:</b> Junio-2016	Junio-2016
<b>Entregable del proyecto:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proceso rediseñado de recibo.</li> <li>• Métodos de reabastecimiento diseñados.</li> <li>• Herramienta programada que calcule el SS, considerando los <i>lead times</i> y además cosas, cálculo de pedidos de MP, <i>Scorecard</i>.</li> </ul>	Junio-2016

Cuadro 17. Marco del proyecto seis sigma

#### 16.1.2. Medir la situación actual

La siguiente etapa en DMAMC, es la de realizar mediciones a la situación en la que se encuentra el problema por estudiar actualmente, según (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009), el objetivo general de esta segunda fase en entender y cuantificar mejor la magnitud del problema o la situación que se aborda con el proyecto.

Primeramente, para el proceso de recibo de materia prima en la empresa, se procede a realizar una medición de la productividad del proceso, la cual es calculada mediante el resultado de la división de las tarimas recibidas entre la cantidad de horas hombre trabajadas. Se utilizan los datos proporcionados por la empresa generados durante el 2014, obteniendo los resultados mostrados en la figura 3.



Figura 19.Productividad

**Nota:** Datos tomados de Boston Scientific Coyal

Según el gráfico de productividad obtenido, se encuentra que se tiene un comportamiento decreciente, por lo que se infiere que, al recibir menos tarimas por horas, existe un aumento en los tiempos improductivos, lo que genera ineficiencia en la utilización de los recursos de la empresa.

Además, para la productividad se obtiene un promedio anual de 1,07 tarimas por hora, lo que a su vez se presenta una desviación estándar de 0,44 tarimas por hora, lo que representa un 41% de la media, por lo que se determina que el proceso de recibo es altamente variable, lo que afecta el rendimiento de los procesos al ser difícilmente predecible.

Seguidamente se realiza un estudio del comportamiento del *dock to stock time* (DST) con base en los datos del 2014, como se muestra a continuación:



Figura 20.Dock to stock time

**Nota:** Datos tomados de Boston Scientific Coyal

Para estos datos se posee una media de 7,07 días y una desviación de 4,87 días, por lo que se determina que la desviación de este tiempo representa un 68,8% de la media. Debido a esta desviación

se puede observar que este proceso es altamente variable, ya que el mismo tiende a variar su tiempo a lo largo de la semana y depende del tipo recibo que se realiza.

Además, se tiene la situación de que, al momento de ser recibidas las materias primas, si estas deben esperar a ser ingresadas en el sistema y no hay espacio dónde colocarlas, el contenedor no puede ser descargado lo que genera demoras que durante el 2014 representaron un pago de \$18.850,00.

Como se observa en el gráfico, el *dock to stock time*, este indicador presenta una tendencia a disminuir, esta mejora se debe a que se realizó la contratación de un nuevo operario, debido a que en el 2014 se realizó un pago \$10.000,00 en horas extras a los operarios de la bodega. A pesar de esta tendencia a la disminución del tiempo, la empresa posee una meta de ocho días para este indicador, y según la información del 2014 no se cumplió en un 36% de las semanas.

Seguidamente se estudia el indicador de utilización de la bodega, por lo que se grafican los datos de setiembre del 2014 a setiembre del 2015, como se muestra a continuación:

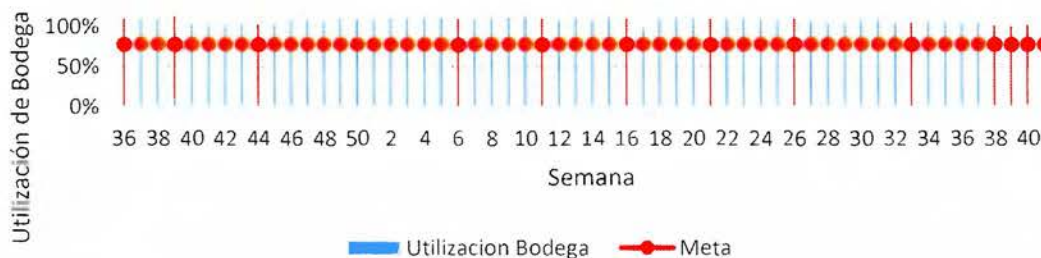


Figura 21. Utilización de bodega

**Nota:** Datos tomados de Boston Scientific Coyol

La empresa actualmente posee capacidad para mil ciento sesenta y seis posiciones de paletas en sus instalaciones y según el gráfico mostrado, la utilización promedio de la bodega es de un 96%. Este indicador no llega a ser del 100%, debido a que la empresa cuenta con más materias primas que las que almacena en la bodega, es decir se emplean los servicios de un almacén fiscal, en el que se localizan aproximadamente doscientas tarimas. Esta cantidad de tarimas es equivalente a un 17,15% de la capacidad de la bodega de BSC, por lo que la utilización final de la bodega supera de esta manera el 100% de su capacidad, generando un costo de \$16.338,71, en el 2014 en este servicio.

El siguiente indicador en estudio es el *Inventory turnover* (IT) que es una razón para cuantificar la cantidad de veces que la totalidad del inventario es reemplazado durante un periodo de tiempo. La organización de BSC El Coyol registra durante el 2014 una razón de IT con un valor de 1,39 mediante el cual es posible determinar que el inventario de la bodega es reemplazado cada 8,7 meses. Este IT es comparado contra el registrado por BSC Corporación, el cual presenta un valor de 2,4 por lo que el inventario es reemplazado cada cinco meses aproximadamente. Realizando la comparación se encuentra

que BSC El Coyol, tiene un inventario almacenado al menos de tres meses de más, como se presenta en el gráfico a continuación:

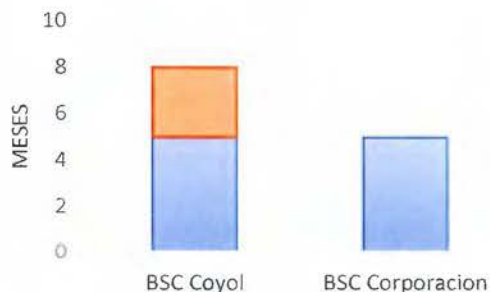


Figura 22. Inventory turnover

**Nota:** Datos tomados de Boston Scientific Coyol

Esta cantidad de inventario estancado concuerda con los resultados obtenidos en los otros indicadores estudiados, es decir es posible relacionarlo con la sobrecapacidad de la bodega y el incumplimiento del tiempo del *dock to stock time*.

Una vez estudiados los indicadores por utilizar, se procede a analizar los procesos del recibo y el almacenamiento con el propósito de identificar las actividades improductivas, su diagrama se muestra a continuación:

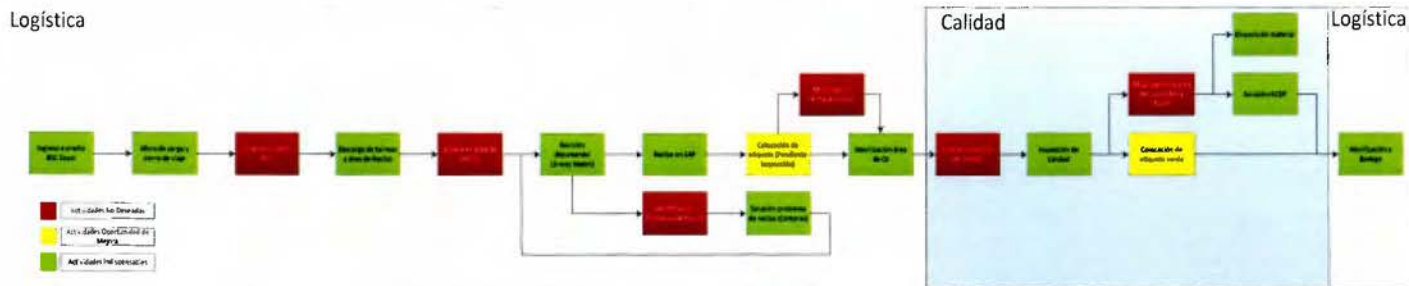


Figura 23. Proceso de recibo

La primera actividad que se muestra es la espera de materiales dentro de los contenedores en el predio, debido a la falta de espacio en el área de recibo de la bodega. La segunda actividad identificada es la espera de materiales ubicados en el área de recibo, debido a la falta de disponibilidad de recursos para realizarla, y finalmente, se identifica la dilación de los materiales a causa de problemas de recibos, esta situación se presenta cuando no se cuenta con toda la documentación correspondiente de la materia prima o la carga se encuentra en un estado de deterioro.

Las actividades mencionadas generan un uso ineficiente de las posiciones de recibo, ya que durante el 2014 fueron ocupadas en promedio un 20% de las tarimas de recibo por materiales a la espera de ser aceptadas o por problemas de recibo.

Una vez estudiadas todas las problemáticas, se realiza un recuento de sus costos asociados y se obtiene un costo total de \$45.188,71 en el 2014. De acuerdo con los datos brindados por la organización,

el costo total de operación anual de la bodega de BSC El Coyol es de \$393.772, por lo tanto, dichos costos representarían un 11,47% aproximadamente de los de operación, es decir 1,37 meses de operación.

### 16.1.3. Analizar las causas raíz

La tercera fase de un proyecto seis sigma es la de analizar la causa raíz, (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009) define que la meta de esta fase es identificar la causa raíz del problema, entender cómo es que estas generan el problema y confirmar las causas con datos.

Debido a que en la problemática se encontró la variabilidad en el proceso de recibo como uno de los factores claves, lo primero que se estudia es la determinación de factores potenciales que generen esta variabilidad. Este análisis se realiza por medio de un diagrama Ishikawa en conjunto con la contraparte, que según (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009) es un método gráfico que relaciona un problema o un efecto con los factores o las causas que posiblemente lo generan.

Esta herramienta se utiliza en conjunto con el método de las 5M en el cual se analizan aspectos de los materiales, los métodos, la maquinaria y la mano de obra utilizados para llevar a cabo el proceso de recibo de las materias primas. Cabe destacar que la rama de medio ambiente no se toma en cuenta en el análisis, debido a que en conversaciones con la contraparte y los requerimientos del estudio, esta no posee relevancia.

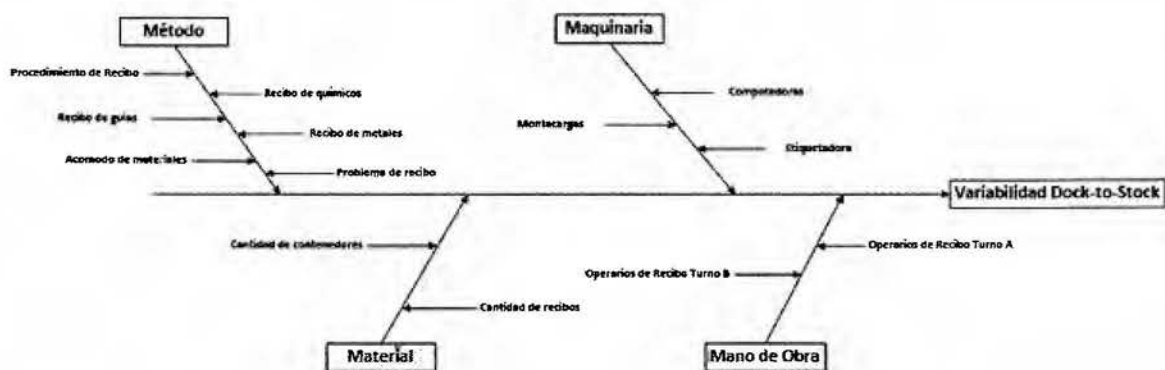


Figura 24. Ishikawa Variabilidad Dock-to-Stock

El análisis detallado de este Ishikawa se encuentra en el apartado 9.1 Determinación de factores potenciales de variabilidad, del presente documento. Al realizar el análisis, se determina que los factores que no influyen en la variabilidad del proceso de recibo son: la mano de obra, los materiales (tipo de contenedor y cantidad de materiales por contenedor), la maquinaria y el método. Sin embargo, al analizar el tipo de material en el recibo, se encuentra que este es un generador de variabilidad, ya que cuando se divide este proceso en cuatro tipos (general, metales preciosos, paquetería y químicos) con el fin de estudiar el efecto de las materias primas sobre el tiempo de recibo, se observa que poseen un aumento de tiempos de 34,41%, 28,33% y 43,57% respectivamente en comparación con el general, incurriendo en impactos económicos de \$31.679,00 correspondientes a pagos por demoras a los contenedores y las horas extra.

De acuerdo con la cantidad de recibos durante un mes, uno de cada cuatro materiales que ingresan a la bodega posee un proceso de recibo diferente al general, a lo cual se asocia la variabilidad del proceso, esto provoca retrasos en el flujo de salida y al mismo tiempo en la entrada de materiales, lo que se traduce en una inversión económica al necesitar operarios extra y el pago por demoras.

Cuando se realiza el análisis de variabilidad dentro de cada familia, se obtiene como resultado que el proceso de recibo de metales preciosos no posee variabilidad dentro de él mismo, ya que todos son recibidos de igual manera y además, siguen el mismo procedimiento.

En el proceso de paquetería se cuenta con dos métodos de recibo: las materias primas provenientes del mismo lote y las que provienen de lotes distintos, una vez que se realiza el análisis a estos métodos, se concluye que este es un factor de variabilidad.

Por último, con respecto a los químicos se encuentran dos subprocesos principales los cuales corresponden a: los materiales con rombo de seguridad, y los que no lo poseen, los cuales tienen otros dos subprocesos: almacenar en CHE2 y almacenar en CHE y según el análisis que se realiza, existe variabilidad dentro de este proceso.

Una vez estudiada la variabilidad en el proceso de recibo, se procede a efectuar un estudio sobre el análisis de composición de bodega, el cual se encuentra en el capítulo 10 del presente documento. El mayor hallazgo de este análisis es encontrar que el valor del inventario en la bodega de BSC Coyol se concentra en aquellas materias que volumétricamente tienen menos impacto, lo cual quiere decir que los materiales con mayor costo y menor rotación en tarimas son aquellos en los que se centraliza el valor del inventario en bodega. Las materias primas que tienen mayor significancia en cuanto a cantidad de tarimas son de bajo costo y representan únicamente un 14% del valor del inventario.

Seguidamente, se realiza un análisis al proceso de gestión de inventarios, el cual se encuentra en el capítulo 11 del presente documento. Para esta etapa se encuentra que en la determinación de los pedidos, se plantea el objetivo de no consumir los inventario de seguridad, sin embargo, estos no son determinados de forma estandarizada, por lo cual los compradores de materias primas definen estos considerando únicamente el *lead* de los proveedores y dejando por fuera el volumen y la variabilidad de la demanda. Además, a pesar de contar con un proceso de compras estandarizado, este no indica a los compradores la forma de cálculo del *stock* de seguridad, por lo cual este valor es definido a criterio de los compradores y en ocasiones, es sujeto a modificaciones sin justificaciones relacionadas con los volúmenes de consumo.

Asimismo, se identifican los niveles de inventario en exceso y se encuentra que estos son ocasionados directamente por el cálculo inadecuado y no estandarizado del *stock* de seguridad, el cual ocasiona que mensualmente se tenga este inventario sin utilizar, de forma que la bodega cuenta con esta cantidad de tarimas ocupando espacios de almacenamiento cuando no son requeridos, lo que a su vez genera las problemáticas identificadas en cuanto al espacio en la bodega.

#### 16.1.4. Mejorar

La cuarta fase del DMAMC es la de medir, según (Ocampo, 2012), en esta etapa se desarrollan, implementan y validan alternativas de mejora para el proceso. La habilidad de dichas propuestas para producir mejoras al proceso debe ser validada para asegurar que la mejora potencial es viable. De estas pruebas y experimentos se obtiene una propuesta de cambio en el proceso, es en esta etapa en donde se entregan las soluciones al problema.

Para esta etapa de mejora se define la utilización de la herramienta SMED junto con la aplicación de ECRS, con el fin de disminuir la variabilidad en el proceso de recibo.

##### 16.1.4.1. SMED (*Single Minute Change of Die*)

La técnica SMED es utilizada para la reducción del tiempo de preparación, esta técnica según (Carbonell, 2013) establece una serie de pasos, en los que se estudian concienzudamente las operaciones que tienen lugar durante el proceso del cambio de lote, haciendo posible una reducción radical del tiempo de preparación.

La técnica SMED está compuesta por las siguientes etapas:



Figura 25.SMED

Fuente: (Carbonell, 2013)

1. **Observar y comprender el proceso de cambio de lote:** en esta etapa se realiza una observación detallada del cambio entre la finalización de una pieza correcta del lote anterior y hasta la primera pieza correcta del siguiente lote.
2. **Identificar y separar las operaciones internas y externas:** las operaciones externas son las que se realizan con la maquinaria en funcionamiento, mientras que las internas son las que se pueden realizar sin necesidad de la maquinaria. Al inicio tanto las operaciones internas como las externas se encuentran mezcladas, por lo que realizar esta identificación y separación es de suma importancia.
3. **Convertir las operaciones internas en externas:** en esta etapa las operaciones externas pasan a realizarse fuera del tiempo de cambio de lote, por lo que este tiempo es reducido sin estas actividades.



4. **Refinar todos los aspectos de preparación:** en esta etapa del SMED se busca la mejora de todas las actividades estudiadas, con el fin de acortar el tiempo final. Además “los tiempos de las operaciones externas se reducen mejorando la localización, la identificación y la organización de los útiles, las herramientas y el resto de elementos necesarios para el cambio. Para la reducción de los tiempos de las operaciones internas se llevan a cabo operaciones en paralelo, se buscan métodos de sujeción rápidos y se realizan eliminaciones de ajustes.

Debido a que en esta etapa del SMED lo que se busca es la mejora de las actividades estudiadas, se encuentra que esta se llevará a cabo por medio del método de ECRS. El ECRS, según (Heineken), es un método de análisis de actividades que es utilizado para ayudar a la mejora de los procesos y las actividades de una manera estructurada, además identifica las actividades o los procesos que son ineficientes. Las etapas de esta metodología son las siguientes:

-**Eliminar:** el primer paso es estudiar el proceso e identificar las actividades en el proceso que pueden ser eliminadas rápidamente.

-**Combinar:** si las actividades no pueden ser eliminadas, se debe analizar cuáles actividades pueden ser combinadas para obtener un proceso más rápido.

-**Reducir:** observar cuáles procesos pueden ser reducidos para generar un trabajo más eficiente, se pueden realizar procesos en paralelo, o simplemente, mover actividades dentro del proceso, no todos los procesos necesitan ser lineales.

-**Simplificar:** en esta etapa se observa si el proceso es demasiado complicado y si hay algunas simplificaciones que se le puedan realizar.

5. **Estandarizar el nuevo procedimiento:** en esta etapa se busca mantener en el tiempo la metodología desarrollada, se puede lograr este objetivo por medio de la implementación del procedimiento y el uso de documentación, entre otras herramientas.

El principal beneficio de la utilización de la técnica de aplicación de SMED es que permite disminuir el tiempo que se pierde para pasar de producir un tipo de producto a otro. Además, presenta una serie de beneficios como los siguientes:

-Reducir el tiempo de preparación o tiempo no improductivo y pasarlo a productivo.

-Reducir el tamaño del inventario.

-Reducir el tamaño de los lotes de producción.

-Se estandarizan los procedimientos de cambio de lote.

#### 16.1.4.2. *Aplicación de SMED y ECRS en el proceso de recibo*

Una vez definidas las etapas y los procedimientos para la aplicación de SMED y ECRS, se procede a implementar estas técnicas en los procesos de recibo con el fin de disminuir la variabilidad de los mismos y encontrar un grado de estandarización mayor que permita mejor el *dock-to stock time*. Cabe destacar que mediante la primera metodología se logra realizar el proceso de manera ágil al disminuir el tiempo de manejo de material en la bodega, el tiempo de recibo, ya que se efectúa el procesamiento de las

materias antes de su arribo a la empresa, sin alcanzar una reducción en las horas hombre, debido a que este debe realizarse de la misma forma solo que antes de tener la carga, caso contrario para ECRS donde esta metodología sí representa un impacto en las horas hombre al eliminar las actividades del proceso. Al mismo tiempo es importante añadir que para la cuantificación del impacto se van a tomar en cuenta los dos turnos A y B con cinco y tres operarios respectivamente y los días sábados, cuando la empresa labora con tres operarios, tres en recibo.

#### 16.1.4.2.1. Proceso de recibo general

Según el diagrama y la definición del proceso de recepción de materia prima presentado en el capítulo de diagnóstico, posee una duración 42,36 minutos y se realiza de la siguiente manera:

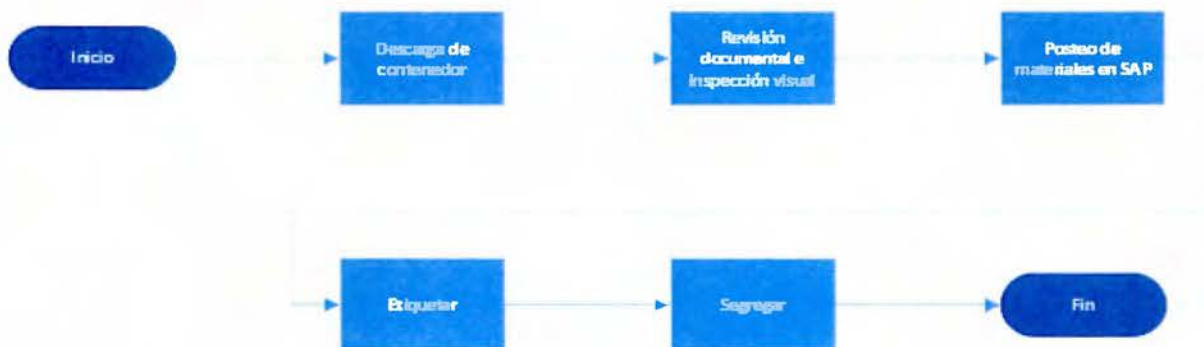


Figura 26. Proceso general de recepción de materia prima

##### 16.1.4.2.1.1. Aplicación de SMED y ECRS en el proceso general:

- Observar y comprender el proceso: de acuerdo con el procedimiento 90125236 de BSC Coyol se estableció el mapeo de actividades descrito por el mismo. Además, se realizaron y corroboraron al visitar la bodega para realizar la inspección visual del proceso de recibo.
- Identificar y separar las operaciones internas y externas: a continuación, se presentan las actividades que se pueden realizar con la carga (interna) y sin la carga (externa).

Internas	Externas
Descarga del contenedor	Revisión documental
Inspección visual	
Posteo de materiales en SAP	
Etiquetar	
Segregar	

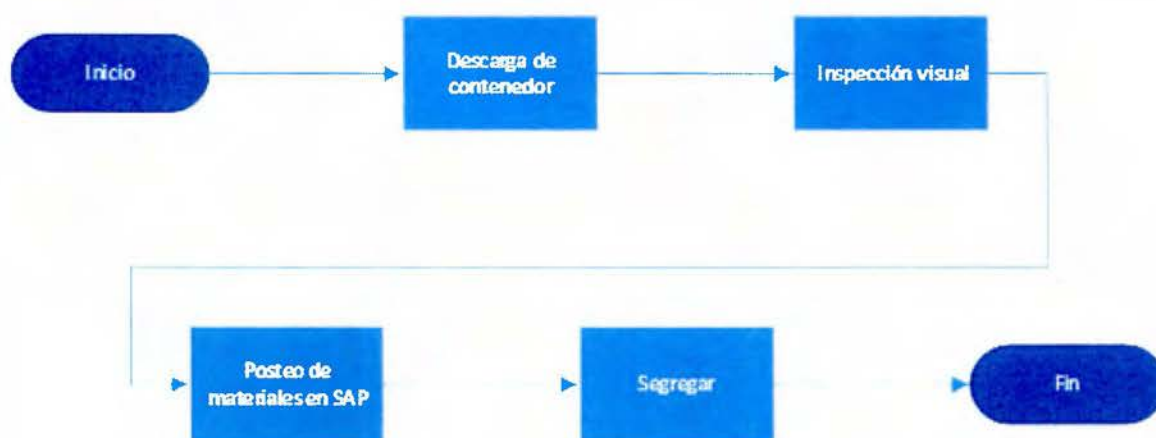
Cuadro 18. Actividades adicionales proceso general

Como se observa, se identifican cinco actividades que requieren presencia de la carga para poder ser realizadas y una actividad que puede tomar lugar sin ella.

- Convertir: con la actividad externa identificada, se determina que esta puede realizarse *in transit*, lo cual corresponde a que se desarrolle mientras la carga está siendo transportada al lugar de consolidación en Miami hasta el puerto en Costa Rica, este tiempo de transporte posee una duración de cuatro días, tiempo en el cual el área de bodega realiza la revisión documental una

vez que se recibe la factura, con lo cual se logra un ahorro del tiempo al realizarlo cuando se recibe la misma en bodega.

- Refinar: para encontrar la optimización de todas las operaciones, se procede a aplicar la metodología de ECRS a las restantes actividades:
  - Eliminar: de acuerdo con las observaciones realizadas, se determina que es factible eliminar la etapa de Etiquetar, ya que la etiqueta del proveedor posee las mismas indicaciones como el tamaño del lote, el código, la descripción del producto y la cantidad de material que son requeridas para realizar el recibo según el procedimiento 90125236.
- Estandarizar: el nuevo procedimiento para la recepción general está dado de la siguiente manera:



*Figura 27. Proceso propuesto recibo general*

#### 16.1.4.2.1.2. Impacto del cambio

Luego de aplicar la metodología de SMED y ECRS, para el caso de las materias primas bajo el proceso general, se aplica SMED logrando realizar de forma previa al ingreso de la carga, la revisión documental, generando una liberación de capacidad de 3.36 minutos y con respecto a la actividad de etiquetado, se logra eliminar mediante ECRS, lo que genera un ahorro de diez minutos en horas hombre, ya que es una actividad menos que deben realizar. El proceso completo posee una duración actual de 42.36 minutos. La ejecución previa y la eliminación de las actividades mencionadas representa, según la totalidad de ingresos de la bodega para el mes de octubre del 2015 con una cantidad de 2218 recibos de materia prima, 124.2 horas de liberación de capacidad a la hora de la recepción del material y 369.6 horas menos de horas hombre, lo que equivale respectivamente a 5.175 días y 15.4 días. Estos valores según la cantidad de horas laborales por la cantidad de personal equivalen a un 9.41% de liberación de capacidad y un 28% en ahorro de horas hombre.

Cabe resaltar que la eliminación de estas actividades, el ahorro de tiempo y la generación de capacidad previa de contar con la carga causada luego de la aplicación de SMED y ECRS, son de igual manera aplicables para los procesos del recibo de químicos, paquetería y metales preciosos. La eliminación y la realización sin la carga de las actividades anteriormente mencionadas, contribuyen a la

disminución de la variabilidad debido a que toda actividad posee inherente una variabilidad asociada como se vio en la etapa de diagnóstico.

16.1.4.2.2. Proceso de recibo de químicos

Según el diagrama y la definición del proceso de recibo de químico presentado en el capítulo de diagnóstico, este se realiza de la siguiente manera:

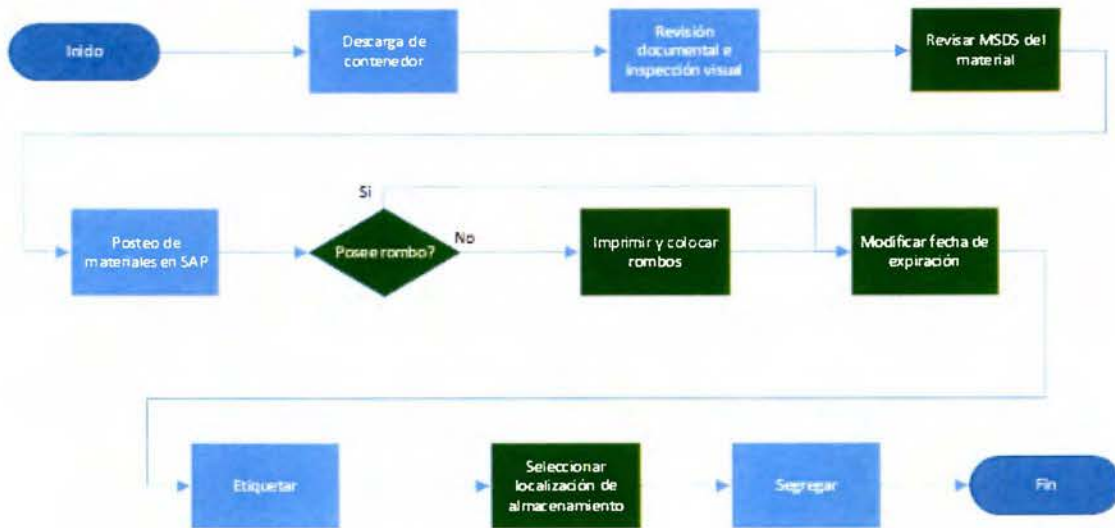


Figura 28. Proceso de recibo de químicos

Y sus actividades adicionales al proceso general, señaladas en verde, poseen una duración de:

Actividades adicionales proceso de recepción de químicos	Tiempo (min)
Revisar MSDS del material	5
Imprimir y colocar rombos	10
Buscar localización de almacenamiento	2
Modificar fecha de expiración	4

Cuadro 19. Actividades adicionales proceso de químicos

16.1.4.2.2.1. Aplicación de SMED en las actividades adicionales del proceso de recibo de químicos

- Observar y comprender el proceso: de acuerdo con el procedimiento 90125236 de BSC Coyol se estableció el mapeo de actividades descrito por el mismo. Además se realizaron y corroboraron al visitar la bodega para realizar la inspección visual del proceso de recibo.
- Identificar y separar las operaciones internas y externas: a continuación se presentan las actividades que se pueden realizar con la carga (interna) y sin la carga (externa).

Internas	Externas
Imprimir y colocar rombo	Revisar MSDS del material
	Modificar fecha de expiración

Cuadro 20. Segregación de actividades adicionales químicos

Como se observa, se identifica una actividad que requiere la presencia de la carga para poder ser realizada y tres actividades que pueden tomar lugar sin ella.

- **Convertir:** con las actividades externas identificadas, se determina que la actividad de revisar MSDS del material, puede realizarse *in transit*, lo cual corresponde a que se desarrolle mientras la carga viene en camino del lugar de consolidación en Miami hasta que llega al puerto en Costa Rica, este tiempo de transporte posee una duración de cuatro días, tiempo en el cual se realiza esta actividad y se adelanta a la hora de recibir la carga en la bodega. Al mismo tiempo se determina que la actividad de modificar la fecha de expiración, se realice una vez que la carga se recibe en Miami, ya que el certificado de calidad garantiza y certifica los productos, además de indicar la fecha de producción del material con la cual se calcula esta fecha de expiración. De igual manera, la actividad correspondiente a la selección de la localización de almacenamiento puede tomar lugar sin la presencia de la carga, al establecer directamente en la orden de compra la ubicación en la que debe almacenarse el material, ya que ellos conocen los sitios donde se deben almacenar los químicos en bodega.
- **Refinar:** para encontrar la optimización de todas las operaciones, se procede a aplicar la metodología de ECRS a las restantes actividades:
  - **Eliminar:** también se determina que la etapa de imprimir y colocar rombo, se puede eliminar mediante una negociación con los proveedores para que ellos sean los encargados de colocar las etiquetas a los productos. Al mismo tiempo se plantea que la actividad de seleccionar la localización de almacenamiento, se incluya dentro de la etiqueta que compras imprime de las materias primas para eliminar el proceso de búsqueda de localización en el sistema.
- **Estandarizar:** el nuevo procedimiento para la recepción de químicos está dado de la siguiente manera:

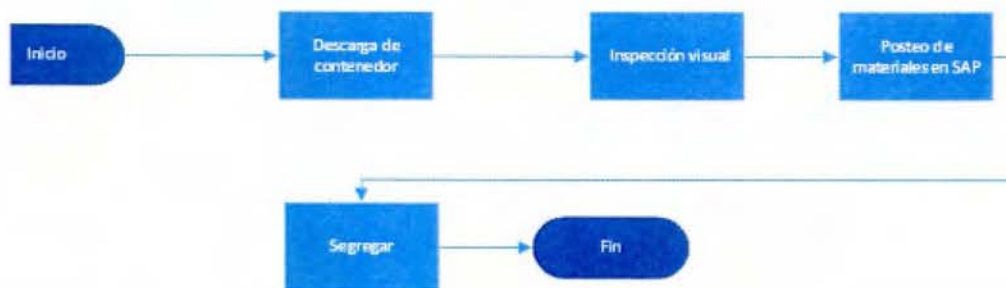


Figura 29. Proceso propuesto de recibo de químicos

#### 16.1.4.2.2. Impacto del cambio

Luego de aplicar la metodología de SMED y ECRS, para las materias primas adicionales del proceso de recibo de químicos, SMED permite realizar de forma previa al ingreso de la carga, la revisión MSDS del material, la modificación de la fecha de expiración y la selección de localización de almacenamiento de la materia prima y ECRS la eliminación de la actividad de imprimir y colocar el rombo.

Las actividades adicionales poseen una duración actual de 21 minutos, y se logra una liberación de capacidad a la hora de recibir el material de once minutos, realizando sin la carga las actividades anteriormente mencionadas. Con respecto a la impresión y la colocación de los rombos se logra eliminar mediante ECRS, lo que genera un ahorro de diez minutos en horas hombre, ya que se convierte en un paso menos que deben realizar para completar el proceso.

De acuerdo con los datos obtenidos del sistema SAP, de la cantidad de ingresos de materia prima en la bodega para el mes de octubre del 2015, los químicos poseen 24 arribos mensuales de materiales, de los cuales 21 vienen sin el rombo, por lo cual se da una liberación de capacidad a la hora de recibir la carga tomando en cuenta los 24 recibos de 4,4 horas mensuales y el ahorro en horas hombre de 3.5 horas al mes tomando en cuenta los 21 arribos sin el rombo. Estos valores según la cantidad de horas laborales por la cantidad de personal equivalen a un 0,33% de liberación de capacidad y un 0,28% en ahorro de horas hombre.

La eliminación o la realización sin la carga de las actividades anteriormente mencionadas, contribuyen a la disminución de la variabilidad debido a que toda actividad posee inherente una variabilidad asociada como se vio en la etapa de diagnóstico.

#### 16.1.4.2.3. Proceso de paquetería

Según el diagrama y la definición del proceso de recibo de químico presentado en capítulo de diagnóstico, este se realiza de la siguiente manera:



Figura 30. Proceso de recibo de paquetería

Y sus actividades adicionales al proceso general, señaladas en verde, poseen una duración de:

Actividades adicionales proceso de paquetería	Tiempo (min)
Revisar prealertas	3
Separar materiales por lote	6

Cuadro 21. Actividades adicionales proceso paquetería

16.1.4.2.3.1. Aplicación de SMED en las actividades adicionales del proceso de recibo de paquetería

- Observar y comprender el proceso: de acuerdo con el procedimiento 90125236 de BSC Coyol se estableció el mapeo de actividades descrito por el mismo. Además se realizaron y corroboraron al visitar la bodega para realizar la inspección visual de proceso de recibo.
- Identificar y separar las operaciones internas y externas: a continuación se presentan las actividades que se pueden realizar con la carga (interna) y sin ella (externa).

Internas	Externas
Revisar prealertas	-
Separar materiales por lote	
Actualizar prealertas	

Cuadro 22. Segregación actividades adicionales paquetería

Como se observa en el cuadro anterior, no se identifican actividades adicionales de tipo externo que puedan ser realizadas sin la carga, por lo tanto, la etapa de Convertir de la metodología no posee lugar para este tipo de materia prima.

- Refinar: para encontrar la optimización de todas las operaciones, se procede a aplicar la metodología de ECRS a las actividades:
  - Eliminar: se determina que la actividad que consiste en la revisión y la actualización prealertas se pueden eliminar mediante la incorporación de un archivo que se genere semanalmente y evite que el proceso actual deba realizarse para cada una de las paqueterías recibidas. Esto debido a que el archivo actual de prealertas únicamente se utiliza para ingresar la fecha de ingreso a las instalaciones y la fecha de recibo en sistema y ambos datos, de acuerdo con el supervisor de bodega, pueden obtenerse directamente desde SAP sin necesidad de completar el archivo actual.
- Estandarizar: el nuevo procedimiento para la recepción de paquetería está dado de la siguiente manera:



Figura 31. Proceso propuesto recibo de paquetería

#### 16.1.4.2.3.2. Impacto del cambio

Luego de aplicar la metodología de SMED y ECRS, para las materias primas adicionales del proceso de recibo de paquetería, no se detectan actividades por realizar de forma previa al ingreso de la carga, sin embargo, ECRS permite la eliminación de la revisión de las prealertas y la actualización de las mismas. Las actividades adicionales anteriormente nombradas, poseen una duración de seis minutos, logrando un ahorro de tiempo de horas hombre de esta cantidad, mediante la eliminación de las misma aplicando ECRS.

De acuerdo con los datos obtenidos del sistema SAP de la cantidad de ingresos de materia prima en la bodega para el mes de octubre del 2015, la paquetería posee 115 arribos mensuales de materiales, lo cual representa un ahorro de 51,5 horas al mes. Estos valores según la cantidad de horas laborales por la cantidad de personal equivalen a un 3,9% en ahorro de horas hombre.

La actividad de la generación del nuevo reporte de SAP se llevaría a cabo por parte del Supervisor de Bodega por lo cual no es considerado como un tiempo adicional al proceso de Recibo.

La eliminación de las actividades anteriormente mencionadas contribuye a la disminución de la variabilidad, debido a que toda actividad posee inherente una variabilidad asociada como se vio en la etapa de diagnóstico.

#### 16.1.4.2.4. Proceso de recibo de metales preciosos

Según el diagrama y la definición del proceso de recibo de químico presentado en el capítulo de diagnóstico, este se realiza de la siguiente manera:

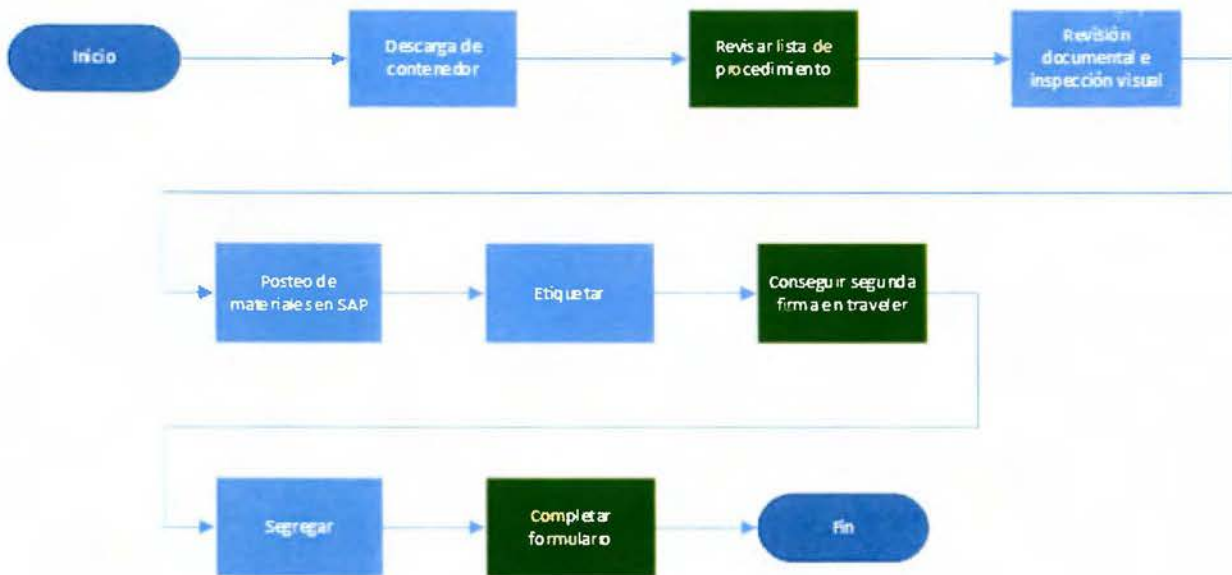


Figura 32. Proceso de recibo de metales preciosos

Y sus actividades adicionales al proceso general, señaladas en verde, poseen una duración de:



Actividades adicionales proceso de recepción de materiales preciosos	Tiempo (min)
Revisar lista de procedimiento	3
Conseguir segunda firma en <i>traveler</i>	8
Completar formulario	4

Cuadro 23. Actividades adicionales proceso metales preciosos

16.1.4.2.4.1. Aplicación de SMED en actividades adicionales del proceso de recibo de metales preciosos

- Observar y comprender el proceso: de acuerdo con el procedimiento 90125236 de BSC Coyal, se estableció el mapeo de actividades descrito por el mismo. Además, se realizaron y corroboraron al visitar la bodega para realizar la inspección visual del proceso de recibo.
- Identificar y separar las operaciones internas y externas: a continuación, se presentan las actividades que se pueden realizar con la carga (interna) y sin ella (externa).

Internas	Externas
Revisar lista de procedimiento	-
Conseguir segunda firma en <i>traveler</i>	
Completar formulario	

Cuadro 24. Segregación actividades metales preciosos

Como se observa en el cuadro anterior, no se identifican actividades adicionales de tipo externas que puedan ser realizadas sin la carga, por lo tanto, la etapa de Convertir de la metodología no posee lugar para este tipo de materia prima.

- Refinar: para encontrar la optimización de todas las operaciones, se procede a aplicar la metodología de ECRS a las restantes actividades:
  - Eliminar: se determina que la actividad de revisar la lista de procedimiento para determinar si el material es un metal precioso de acuerdo con el al procedimiento de manejo de materiales se pueden eliminar con una identificación en la orden de compra la cual una vez que es generada por Compras. Con respecto a conseguir la segunda firma en el *traveler*, se plantea la eliminación considerándola una actividad innecesaria debido a que en la factura se conoce la cantidad enviada por el proveedor, el encargado de recibir verifica la misma e introduce en el sistema lo que convierte en una acción innecesaria esta segunda firma de verificación. Al mismo tiempo se plantea que la actividad de completar formulario se elimine, debido a que se considera una acción innecesaria, ya que se conoce su ubicación exacta en la jaula dentro de la bodega
- Estandarizar: el nuevo procedimiento para la recepción de metales preciosos está dado de la siguiente manera:



Figura 33. Proceso propuesto de recibo de metales preciosos

#### 16.1.4.2.4.2. Impacto del cambio

Luego de aplicar la metodología de SMED y ECRS, para las materias primas adicionales del proceso de recibo de metales preciosos, no se detectan actividades por realizar de forma previa al ingreso de la carga, sin embargo, ECRS permite la eliminación de la revisión de la lista de procedimiento, conseguir la segunda firma en *traveler* y completar el formulario. Las actividades adicionales anteriormente nombradas poseen una duración actual de quince minutos, y se logra un ahorro de tiempo de horas hombre de quince minutos, mediante la eliminación de las misma aplicando ECRS.

De acuerdo con los datos obtenidos del sistema SAP de la cantidad de ingresos de materia prima en la bodega para el mes de octubre del 2015, metales preciosos posee 32 arribos mensuales de materiales lo cual representa un ahorro en tiempo de ocho horas al mes. Estos valores según la cantidad de horas laborales por la cantidad de personal equivalen a un 0,61% en ahorro de horas hombre.

La eliminación o la realización sin la carga de las actividades anteriormente mencionadas contribuyen a la disminución de la variabilidad debido a que toda actividad posee inherente una variabilidad asociada, como se vio en la etapa de diagnóstico.

### 17. Modelo de reaprovisionamiento

#### 17.1. Cálculo teórico del Safety Stock

Como se menciona en secciones anteriores, BSC utiliza inventarios de seguridad definidos de manera uniforme y no estandarizada según sea la procedencia de la materia prima, clasificada en nacional e internacional, definiendo dos semanas y un mes respectivamente. Esto provoca aumento de tiempo en la manipulación de los materiales en recibo y sobreutilización del espacio en bodega.

De acuerdo con las necesidades de la organización, se propone el desarrollo de una herramienta que permita a la empresa el cálculo de esta variable tomando en cuenta los parámetros teóricos para mantener niveles de inventario ideales, que logren brindar al cliente un servicio aceptable en caso de algún imprevisto en la demanda.

Los parámetros por considerar según (Ghiani, Introduction to logistic system planning and control, 2004) en la siguiente fórmula de cálculo teórico del *stock* de seguridad son:

$$I_s: l - d * t_l$$

$$d * t_l = z_\alpha * \sigma_d * \sqrt{t_l}$$

Donde:

$I_s$ : *Inventario de seguridad*

$l$ : *Punto de reorden*

$d$ : *Demanda distribuida acorde a una distribución normal*

$t_l$ : *tiempo de entrega del proveedor*

$z_\alpha$ : *Valor bajo el cual una variable aleatoria tiene probabilidad normal  $\alpha$*

$\sigma_d$ : *Desviación estándar de la demanda*

Tomando como base la fórmula anterior y sus respectivas variables, se procede establecer la herramienta para las 35 materias primas definidas en el ABC, sin embargo, la misma es replicable para todos los demás materiales de la empresa.

Dentro de la herramienta se consideran las variables de:

- Consumo promedio: esta se establece obteniendo el promedio de los tres meses anteriores al periodo actual con el fin de estabilizar el valor de variable y que no se vea afectada por los cambios de la demanda, la cual varía sin una tendencia establecida.
- Error de pronóstico % (desviación estándar de la demanda): esta variable se obtiene mediante los datos de pronóstico teórico, el cual se establece a inicio de año como un estimado del comportamiento de la demanda a través del mismo, y los consumos reales de las materias primas.
- Error de pronóstico: esto corresponde a la cantidad de materia prima generada a partir del porcentaje de error de pronóstico.
- *Lead time*: este valor considera el tiempo desde que la orden de compra es generada hasta que el material está disponible para ser utilizado en la bodega.

Al igual se toma en cuenta el inventario de seguridad (SS) actual, el volumen unitario en tarimas del material y un valor Z de 1,96 el cual equivale a el valor  $Z_{1-\alpha/2}$  la cual es el valor de la distribución normal tipificada que acumula a su izquierda una probabilidad de  $(1-\alpha/2)$ , o lo que es igual a  $\alpha/2$  a su derecha. Este valor de 1.96 para un nivel de confianza del 95%. (Morillas). Ver anexo 1. Herramienta cálculo teórico SS.

En la imagen siguiente se puede observar el diseño de la herramienta considerando las variables anteriormente mencionadas.

Material	Consumo Promedio	Error de pronóstico (%)	Error de pronóstico	Lead time	SS nuevo	SS
DW07816	2641014	16.0%	422562.2	0.33	478174.19	700000.00
90161683-01	1317903	13.0%	171327.4	0.50	237447.65	400000.00
90084254-01	90551	10.0%	9055.1	2.50	28062.05	25000.00
90723037-01	75826	4.0%	3033.0	2.50	9399.49	32000.00
434779-07	299305	7.0%	20951.4	3.00	71126.05	320000.00

Figura 34. Herramienta Safety Stock

Se observa en las columnas denotadas con color amarillo los resultados obtenidos del nuevo stock de seguridad, estimado mediante la siguiente forma:

$$SS = (Z * DESV * RAÍZ (LEAD TIME))$$

Al mismo tiempo se calcula a lo que equivale ese nuevo SS en tarimas mediante el volumen unitario del material y la diferencia en tarimas entre el actual y el propuesto. Para conocer en detalle la utilización de la herramienta ver anexo 2. Manual de herramienta del cálculo teórico de *safety stock*.

Cabe mencionar que el cálculo del inventario de seguridad, mediante la fórmula teórica con el fin de establecer los niveles óptimos del mismo, posee una afectación directa en todas las materias primas y por ende, un efecto en los procesos de recibo, la utilización de espacio de almacenamiento y el reabastecimiento de materiales.

## 17.2. Modelo actual de reabastecimiento

Actualmente la organización cuenta con dos categorías principales bajo las cuales se pueden clasificar los proveedores de materias primas. Para cada una de estas categorías, la empresa actualmente cuenta con un modelo de reaprovisionamiento distinto que se describe a continuación.

- Nacionales: estos son aquellos proveedores que cuentan con producción o distribución en Costa Rica, en su mayoría tienen tiempos de entrega bajos y alta frecuencia de entregas.
- Extranjeros: para la importación de materias primas la organización cuenta con una organización que brinda el servicio de 3PL, quienes consolidan en Estados Unidos todas las órdenes de materias primas de proveedores extranjeros y realizan traslados semanales desde Miami a Costa Rica.

### 17.2.1. Nacionales

El modelo de reaprovisionamiento actual que se maneja para los proveedores nacionales consiste en entregas que realiza el proveedor desde su bodega o planta hacia la bodega de BSC una vez que el Departamento de Compras envía una orden de compra.

El proveedor debe solicitar una cita al Departamento de Bodega de BSC para coordinar la entrega. En la siguiente imagen se observa gráficamente este modelo de reaprovisionamiento.

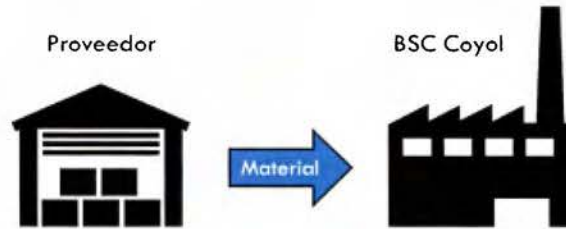


Figura 35. Modelo de proveedores nacionales

De acuerdo con el departamento de Compras, se envían órdenes de compra para solicitar inventario a la bodega para cumplir con los requerimientos de producción y al sistema de planeación de inventario que cuenta en SAP la organización. El inventario pasa a ser propiedad de *Boston Scientific* una vez que se completa el proceso de recibo después de la entrega física del material.

### 17.2.2. Extranjeros

Para los proveedores de importación una vez que el Departamento de Compras procede a enviar una orden de compra, el proveedor procede a realizar la producción de los materiales solicitados y una vez que posee toda la solicitud completa coordina con *Expeditors*, empresa que brinda servicio de 3PL, la entrega de la carga en las instalaciones del proveedor, es decir bajo el incoterm *ex-works*, para que luego *Expeditors* proceda a trasladar la carga hasta sus bodegas de consolidación en Miami.

Los traslados desde Miami hacia Costa Rica se realizan con una frecuencia semanal de manera que todos los materiales que hayan sido consolidados hasta la fecha de corte, en este caso sería cada martes, son enviados vía marítima el viernes de esa semana para el país e ingresa al puerto el martes de la siguiente semana y es entregado después de los trámites de nacionalización usualmente los días jueves a la bodega de BSC Coyol. En la siguiente imagen se observa gráficamente el modelo de reaprovisionamiento que se utiliza para los materiales de proveedores de importación actualmente.

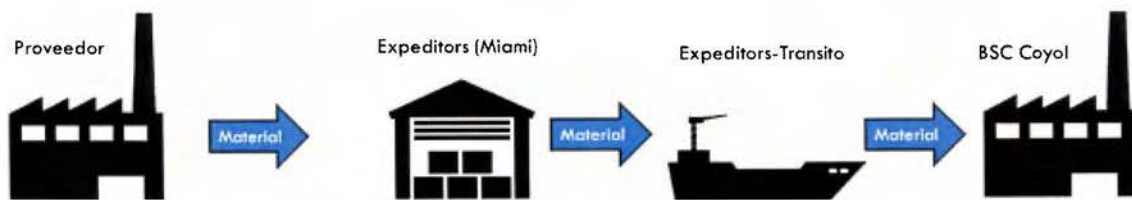


Figura 36. Modelo de proveedores de importación

## 17.3. Modelo propuesto de reabastecimiento

### 17.3.1. Nacionales

Para el modelo de reaprovisionamiento de los proveedores nacionales, se propone optimizar la programación de entregas de los proveedores, ya que según (Chopra, 2008) esto permite minimizar los costos totales de las operaciones logísticas. Se propone realizar esta optimización mediante la aplicación

de tarjetas de Kan Ban para establecer los puntos de pedidos y los movimientos de materiales desde el proveedor.

Se define que la aplicación de las tarjetas Kan Ban es adecuada para garantizar una optimización del flujo de materiales desde el proveedor ya que según (González, 2012) una función de la Kan Ban es el movimiento de material ya que la etiqueta se debe mover junto con el material si esto se lleva cabo se logra priorizar los movimientos de materiales y además facilita el control del mismo.

En el caso de los productos nacionales, la tarjeta de KanBan genera el pedido de dos semanas y el punto de reorden es de una semana, este debe cubrir la demanda mientras el pedido es abastecido. Para la integración de este elemento es indispensable que los operarios de *putaway* coloquen la tarjeta de KanBan en el último lote que deberá consumirse según FIFO, ya que de esta forma al momento de hacer el *picking*, los operarios recogen estos materiales de último, asegurando que son el último inventario disponible para entregar a producción. El tamaño del KanBan se define utilizando la herramienta del anexo 3. Herramienta cálculo tamaño KanBan.

Actualmente la organización cuenta con un sistema de KanBan para regular el flujo de materiales de su Bodega a Producción, de manera que cuando se consumen los materiales delante de la tarjeta, se solicita inmediatamente cierta cantidad adicional de inventario según sea requerido por producción. Las tarjetas se activan en el sistema una vez que el inventario baja de cierto nivel y mediante una alerta le indica a operario de bodega que debe reabastecer la línea de producción del material solicitado.

De igual manera se propone una extensión de este sistema de tarjetas que también regule el flujo de materiales entre la bodega de BSC y las solicitudes de inventario a los proveedores. Con respecto al consumo y al *lead time* de cada proveedor, se deben definir los niveles requeridos de inventario que debe mantener cada tarjeta de KanBan, de forma que cada vez que se retira una tarjeta de los materiales en bodega, se genere una solicitud al proveedor la cual ingresaría la cantidad y en la fecha requerida para evitar desabastos, pero de la misma manera genera un aumento en la frecuencia de pedidos de forma que la rotación de inventario se vería impactada positivamente, además de disminuir el valor del inventario.

El sistema funcionaría de la siguiente manera, una vez que el proveedor realiza la entrega de un material a bodega, se procede a separar de todas las unidades entregadas, las cantidades del tamaño del KanBan y se le colocaría la tarjeta a las mismas. Los puntos de re orden de los Kan Banes deben ser fijados por parte del Departamento de Compras, mediante la herramienta propuesta al ingresar el consumo promedio y el *safety stock* y los mismos deben ser facilitados a bodega para que conforme ingresen los materiales, se una sección del último lote que debe ser consumido según FIFO. Ver anexo 4. Manual de herramienta de cálculo de tamaño de KanBan.

Conforme se consuma el inventario disponible en bodega y se inicie el consumo del material con la tarjeta de Kan Ban, se entrega la tarjeta al Departamento de Compras de manera que se proceda con la creación de una nueva orden de compra que deberá ingresar a la bodega de BSC, previo a que finalice el consumo total del inventario actual como se observa en la figura.

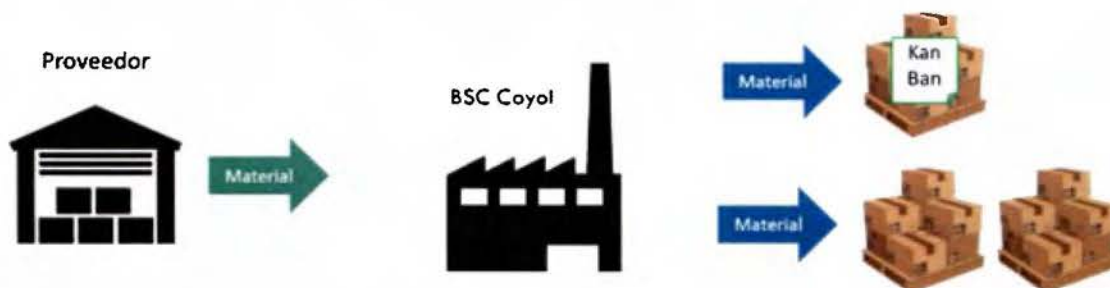


Figura 37. Modelo propuesto para proveedores nacionales

De manera que este sería un Kan Ban de producción, ya que al alcanzar el punto de reorden de la tarjeta se genera una orden de compra que activa la producción del material que deba ser producido y entregado por el proveedor.

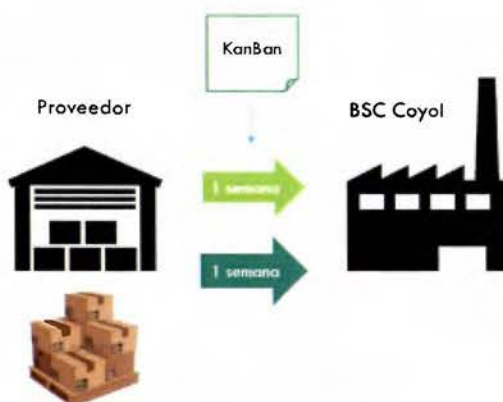


Figura 38. Modelo propuesto para proveedores nacionales 2

Cabe destacar que, bajo este modelo propuesto de reaprovisionamiento, BSC Coyol continúa generando sus órdenes de compra de acuerdo con el sistema de planificación en la plataforma de software SAP la cual considera los inventarios actuales, así como los pronósticos de producción para crear las órdenes de compra. El modelo propuesto corresponde únicamente al manejo de los materiales, así como el flujo de los mismos, de forma que se logra disminuir la ejecución de operaciones en bodega, se aumenta la rotación de los inventarios y se disminuyen los requerimientos de espacio en la bodega de BSC Coyol.

Esta propuesta para el modelo de reaprovisionamiento se encuentra ligada a la propuesta del cálculo teórico del *stock* de seguridad, ya que ambos buscan mediante su implementación disminuir los inventarios en BSC Coyol y a su vez, garantizar que los que se almacenan en la bodega son aquellos que cumplen los requerimientos de producción, de forma que se aumenta la rotación además de disminuir el valor del inventario.

### 17.3.2. Extranjeros

Respecto al modelo de reaprovisionamiento de los proveedores extranjeros, se busca realizar un diseño óptimo en la red logística, ya que de acuerdo con (Chopra, 2008) esto minimiza el costo total del manejo de material, el almacenamiento y el transporte, mientras a su vez responde a tiempo a los requerimientos de los clientes.

Actualmente en cuanto a los proveedores extranjeros, se maneja una restricción debido al servicio de transporte y nacionalización que brinda Expeditors a la organización, la cual es una restricción en la red, ya que no puede ser modificado el proceso de importación de los materiales según los lineamientos definidos para efectos de diseño de las propuestas.

Las decisiones de diseño de red tienen un impacto significativo, ya que determinan la configuración de la cadena de suministros y establecen las restricciones dentro de las cuales otras directrices de la cadena se emplean para disminuir el costo de la cadena o incrementar la capacidad de respuesta según (Chopra, 2008).

Para los proveedores extranjeros, la organización maneja y almacena todo el inventario una vez que se realiza la importación de los mismos, de manera que durante el periodo de *lead time*, es decir usualmente tres meses, cuentan con altos niveles de inventario con baja rotación que además de ocupar espacio de almacenamiento genera un sobreprocesamiento en las actividades de la bodega, ya que se deben realizar operaciones como recibo, *put-away* y el almacenamiento para todo el inventario que ingresa en cada importación.

Según conversaciones con el Departamento de Compras, actualmente varios proveedores extranjeros que venden materiales a otras empresas de industria médica en el país cuentan en el país con bodegas alquiladas donde almacenan inventarios para suplir los requerimientos a nivel país (*HUB*). De acuerdo con (Ballou, 2004) utilizar un espacio rentado representa ventajas inherentes, ya que no hay inversión fija y los costos de operación son más bajos.

Según (Ballou, 2004) las bodegas locales se encuentran ubicadas en los mercados con el objetivo de disminuir las distancias de transporte y aumentan la capacidad de respuesta a la demanda del cliente. Este es el caso de varios de los proveedores de importación, ya que al contar con los inventarios en Costa Rica tienen la capacidad de sostener los inventarios de seguridad y manejar mayor capacidad de repuesta.

Como se menciona anteriormente, algunos proveedores cuentan con estas bodegas locales, también conocidas como *HUB*, que brindan también el servicio de almacenamiento del inventario de sus clientes una vez que los mismos hayan ingresado al país. Esto quiere decir que el inventario que ha sido comprado a estos proveedores potencialmente puede ser almacenado en estas bodegas, de manera que los materiales pueden ser trasladados a la bodega de BSC Coyoil únicamente cuando los mismos sean requeridos y previo a esto, podrían ser almacenados en la bodega del proveedor.

De acuerdo con el Departamento de Compras, este servicio de almacenamiento en tránsito en las bodegas de los proveedores no tiene un costo adicional al material ni tampoco posee un rubro específico que deba pagar la organización por el almacenamiento. Según la gerencia de Compras estos almacenamientos se obtienen mediante negociaciones con los proveedores, quienes brindan el servicio en función de los altos volúmenes de inventario que Boston Scientific le compra a los mismos.

El servicio de almacenamiento sí cuenta con una restricción de tiempo la cual varía entre tres y cuatro meses dependiendo de los materiales. Con respecto al espacio, debido a que el servicio de almacenamiento de materiales en los proveedores es utilizado únicamente en doce materias primas, no se cuenta con una restricción de espacio definida. Actualmente la organización cuenta con nueve proveedores con *HUB*, estos les venden aproximadamente 200 materias primas y como se mencionó previamente, sólo doce de estas se encuentran bajo el sistema de almacenamiento *HUB*.



En función de esta potencial disponibilidad del servicio de almacenamiento en las bodegas locales del proveedor, se propone el siguiente modelo de reaprovisionamiento demostrado en la siguiente figura.



Figura 39. Modelo de reaprovisionamiento propuesto 1

Bajo este modelo de reaprovisionamiento al almacenar los inventarios en la bodega local de los proveedores, la organización se puede garantizar el manejo de únicamente el material requerido para producción en un corto plazo y puede solicitar el traslado de material adicional cuando le sea requerido. No sería necesario almacenar en las bodegas de BSC por varios meses inventarios sin rotación, ya que los mismos estarían ubicados con el proveedor y por lo tanto, no serían todavía propiedad de BSC Coyol, de manera que a nivel de sistema no se registra en los inventarios lo cual implicaría una disminución en el valor del inventario, a la vez que se aumenta la rotación del mismo.

Para controlar este flujo de materiales desde la bodega local del proveedor a la planta de producción de BSC Coyol, se propone el uso de un sistema de Kan Ban ya que según se mencionó previamente de acuerdo con (González, 2012) una función de la tarjeta de Kan Ban es el movimiento de material, ya que la etiqueta se debe mover junto con el material, si esto se lleva cabo se logran priorizar los movimientos de mercadería y además, facilita el control del mismo. Para este caso se propone un Kan Ban de transporte, ya que los materiales ya se encuentran producidos y almacenados en el HUB, por lo que esta tarjeta sirve como señal para determinar el punto de reorden en el que debe solicitarse el traslado de la bodega de HUB.

Con respecto a las materias primas internacionales, se establece que el tamaño del Kan Ban es de un mes lo cual equivale al pedido al HUB y el punto de reorden del mismo sería de una semana, este cubre la demanda de producción mientras se entregan los materiales. Los puntos de re orden de los Kan Banes deben ser fijados por parte del Departamento de Compras mediante la herramienta propuesta al ingresar el consumo promedio y el *safety stock* y los mismos deben ser facilitados a bodega para que conforme ingresen los materiales, se separe una sección del último lote que debe ser consumido según FIFO.

Para la propuesta es indispensable que los operarios de *putaway* coloquen en las posiciones de Kan Ban el último lote que deberá consumirse según FIFO, ya que de esta forma al momento de hacer el *picking*, los operarios recogerán estos materiales de último, asegurando que la tarima o el lote que se retire con la tarjeta corresponden al último inventario disponible para entregar a producción.

El funcionamiento del modelo propuesto sería almacenar en los HUB el inventario solicitado en las órdenes de compra al proveedor y mantener dentro de la bodega de BSC el material requerido para la producción en un corto plazo la cantidad va a variar según los requerimientos de producción. Al inventario que ingrese a bodega de BSC se le debe colocar una tarjeta de Kan Ban, como se muestra en la siguiente figura.

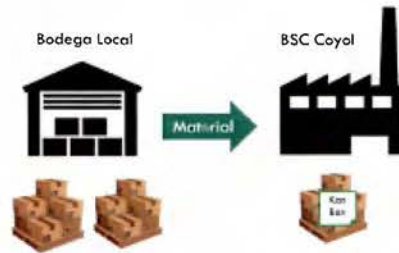


Figura 40. Modelo de reaprovisionamiento propuesto 2

Una vez que la tarjeta de Kan Ban sea alcanzada debido al consumo del inventario, se procede a entregar la misma al Departamento de Compras para proceder con la solicitud de traslado desde el HUB y potencialmente según los *lead time* de producción de los materiales y el inventario actual disponible en BSC y el HUB del proveedor, se debe generar una orden de compra adicional. Según se observa en la siguiente figura, la tarjeta de Kan Ban activa el flujo de los materiales desde el proveedor hasta la bodega de BSC mediante un sistema *pull* que genera los movimientos de materiales según los requerimientos de producción. El tamaño del KanBan se define utilizando la herramienta del anexo 3. Herramienta cálculo tamaño de KanBan.



Figura 41. Modelo de reaprovisionamiento propuesto 3

Los inventarios totales contabilizando el HUB y la bodega de BSC deben brindar cobertura contra los planes de producción en el corto plazo y los pronósticos al largo plazo, esto considerando los materiales con *lead time* extensos. Durante el periodo de *lead time* los inventarios deben brindar cobertura suficiente para cumplir lo planificado para la producción, de manera que los pedidos que se generen tienen que considerar estos *lead time* para garantizar la disponibilidad de inventarios.

Por ejemplo, para un material con *lead time* de tres meses se debe generar un pedido de inventario para cubrir el pronóstico de producción de tres meses, de manera que una vez que ingresa al país se almacenan dos meses de inventario en el HUB y un mes de cobertura en Bodega de BSC Coyal, conforme las tarjetas de Kan Ban sea alcanzadas, deben solicitar el traslado de materiales desde la bodega local del proveedor. Bajo este esquema se debe generar una nueva orden de compra en el mismo mes que ingrese este pedido, de manera que en tres meses vuelva a ingresar inventario para brindar otros tres meses de cobertura y así sucesivamente. Ver anexo 4. Manual de herramienta de cálculo de tamaño de KanBan.

Cabe destacar que, bajo este modelo propuesto de reaprovisionamiento, la organización de igual manera sigue generando sus órdenes de compra de acuerdo con el sistema de planificación en la plataforma de software SAP, la cual considera los inventarios actuales, el inventario de seguridad, así como los pronósticos de producción para crear las órdenes de compra. El modelo propuesto responde únicamente al manejo de los materiales, así como el flujo de estos, de forma que se logra disminuir el manejo innecesario de materias, se aumenta la rotación de las mismas y se disminuyen los requerimientos de espacio en la bodega de BSC.

La propuesta para el modelo de reaprovisionamiento para los proveedores extranjeros se encuentra a su vez asociada a la propuesta del cálculo teórico del *stock* de seguridad, ya que ambas buscan mediante la disminución de los niveles de inventario, garantizar que la Bodega de BSC almacene materiales que sean requeridos por producción, de manera que se aumente la rotación de los mismos y a su vez, se logre disminuir el valor del inventario.

## CAPÍTULO IV: Validación

### 18. Metodología de validación

Una vez establecidas las herramientas, mediante las cuales se lleva a cabo la etapa de diseño, que permiten evaluar y comprobar la factibilidad y de igual manera, medir el impacto de las propuestas a través del proceso de validación, se define para la parte de variabilidad del *dock to stock time* en el proceso de recibo, realizar una entrevista con la contraparte para comprobar la factibilidad de implementación de las actividades en el rediseño propuesto, seguido de una Simulación Montecarlo mediante la herramienta *Risk Simulator* para evaluar la disminución de la variabilidad y el tiempo de recibo del proceso actual con respecto al propuesto.

Con respecto al modelo de reaprovisionamiento, se evalúa la factibilidad de la metodología propuesta, utilizando el SS teórico propuesto, los tarjetas de kan ban y la implementación de los *hubs*, mediante una simulación MonteCarlo con la herramienta *Risk Simulator* con el fin de evaluar la disminución en la cobertura promedio y la existencia o no de *stock outs*.

Por último, se realiza un análisis del impacto de las propuestas sobre los indicadores de éxito definidos al inicio del proyecto. A continuación se presentan dos diagramas de proceso que explican la metodología mediante la cual se realiza la validación de la propuesta de rediseño del proceso de recibo y la del modelo de reaprovisionamiento, respectivamente:



Figura 42. Metodología de validación proceso de recibo

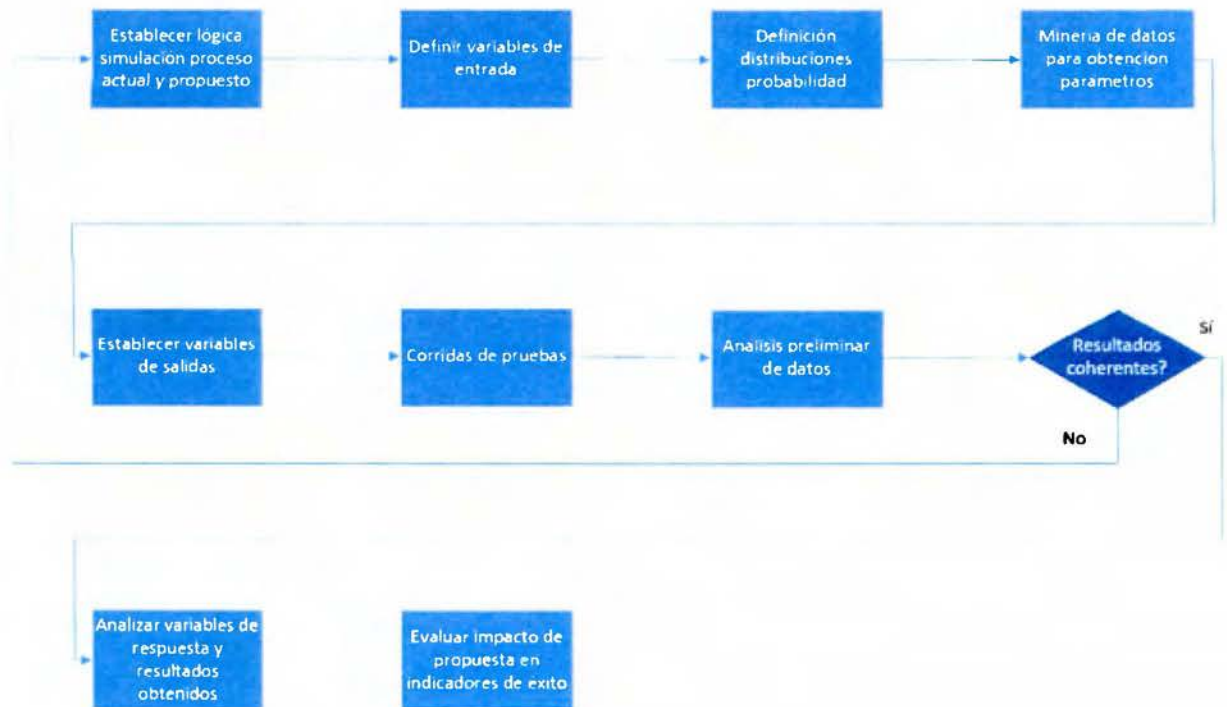


Figura 43. Metodología de validación modelo de reaprovisionamiento

## 19. Comprobación de factibilidad Proceso Recibo

Una vez realizada la propuesta de diseño, se procede a validar con el encargado de bodega para determinar la factibilidad de la misma. Se efectúa un estudio detallado de cada una de ellas donde se valora la complejidad de implementación para la empresa. Cabe mencionar que la eliminación o la liberación de capacidad de las actividades, contribuye a la disminución de la variabilidad debido a que cada una de ellas posee inherentemente una variabilidad asociada.

- Proceso de recibo de químicos: dentro de la etapa de refinar de SMED, la propuesta de eliminar la impresión y la colocación del rombo, mediante la metodología ECRS, no es viable, ya que involucra que los proveedores realicen esta actividad y esto encarece el producto debido a que genera un costo extra, lo cual representa una compra a un precio mayor, por lo tanto se decide que la mejor alternativa es la adquisición de una máquina que imprima los rombos para evitar los atrasos que se produce al solicitarlos y esperarlos. Con respecto a las demás propuestas, se recibe el aval por parte del encargado de bodega, de que estas se pueden realizar sin la carga y así adelantar el tiempo en el cual se realizan.

Con respecto a la segunda propuesta, para su implementación implica pasar una tarea del área de bodega a Compras, este consiste en revisar y colocar en la orden de compras (*traveler*) el espacio de almacenamiento al que pertenece el químico, lo cual conlleva un proceso de negociación para justificar la adjudicación por parte de comprar de este proceso. Esta actividad no significaría un aumento significativo en el proceso de generación de orden de compra y a su vez simplificaría el proceso de recibo. Según se

conversa con el encargado de Compras, esta propuesta también es factible. Por lo tanto, el diagrama del proceso validado se muestra a continuación:



Figura 44. Proceso validado recibo de químicos

El impacto final validado para las actividades adicionales del recibo de químicos, medido en minutos es de once, estas se asocian a la liberación de capacidad mediante la metodología de SMED, generando una diferencia de diez minutos menos con respecto a la propuesta planteada. Este impacto puesto en contexto de acuerdo con la cantidad de recibos mensuales realizados en la bodega, mencionados anteriormente, para el proceso de químicos es de 4,4 horas mensuales para las actividades adicionales en liberación de capacidad y de 0,33% según la cantidad de horas laboradas por mes.

- Proceso de recibo de paquetería: el archivo de prealertas es utilizado para conocer la fecha de ingreso y recibo de paquetería, información con la cual se procede a generar los indicadores para el proceso de Recibo. Con respecto a la propuesta de su eliminación, tanto revisando como actualizando las prealertas, es factible que el Supervisor de Bodega genere un reporte semanal en SAP con esta misma información y de esta manera, eliminar las actividades mencionadas. Por lo tanto, el procedimiento de recibo de paquetería queda confeccionado como el mostrado en la figura 31, con el mismo tiempo presentado anteriormente. Este impacto puesto en contexto de acuerdo con la cantidad de recibos mensuales realizados en la bodega y mencionados anteriormente para el proceso de paquetería es de 51,5 horas para las actividades adicionales de ahorro en tiempo y horas hombre y de un 3,9% según la cantidad de horas laboradas por mes.
- Proceso de metales preciosos: con respecto a la eliminación de la revisión de la lista de procedimiento posee implicaciones de negociación con el área de compras para justificar la adjudicación de este proceso por parte de ellos, con el fin de que incluyan el tipo de metal precioso en el *traveler* (orden de compra) para evitar la búsqueda y la revisión del mismo en los procedimientos por parte de los operarios de bodega. En cuanto a la eliminación de la segunda firma en el *traveler*, implica un cambio en el procedimiento, esta firma posee la función de verificar la cantidad del metal precioso que se está almacenando en la jaula, sin embargo, su cambio posee un grado alto de dificultad debido a la complejidad de los recibos y al alto costo

que poseen estas materias primas y la necesidad de asegurar las cantidades del producto. Con respecto a completar el formulario en jaula su eliminación no es viable, debido a que es una solicitud a nivel de Corporación. Por lo tanto, el procedimiento de recibo de metales preciosos queda de la siguiente manera:

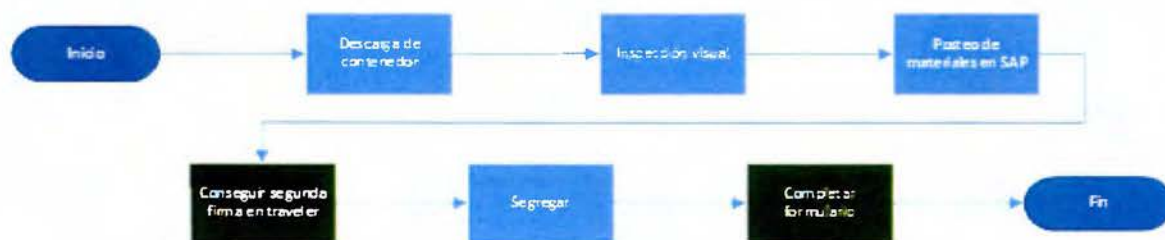


Figura 45. Proceso validado proceso de metales preciosos

El impacto final validado medido es de tres minutos, esto en respuesta a la eliminación de la actividad de revisar la lista de procedimiento, la cual añadía una diferencia de doce minutos. Este impacto puesto en contexto de acuerdo con la cantidad de recibos mensuales realizados en la bodega y mencionados anteriormente para el proceso de metales preciosos es de 1,6 horas para las actividades adicionales y de 0,12% según la cantidad de horas laboradas mensualmente.

A continuación, se muestra una tabla resumen de los impactos generados en minutos de la aplicación de SMED (liberación de capacidad) y ECRS (ahorro de tiempo en horas hombre) en el proceso de recibo de materias primas para disminuir la variabilidad del mismo.

Proceso de recibo	General	Químicos	Metales preciosos	Paquetería
Tiempo actual total del proceso (min)	42.36	63.36	54.36	57.36
Liberación de capacidad validada según SMED para los procesos generales (min)	3.36	3.36	3.36	3.36
Liberación de capacidad validada según SMED actividades adicionales (min)	-	11	-	-
Ahorro tiempo validado luego de ECRS en actividades generales (min)	10	10	10	10
Ahorro tiempo validado luego de ECRS en actividades adicionales	-	-	3	6
% Ahorro de tiempo según ECRS	23.6%	15.7%	23.9%	27.8%
% Liberación de capacidad de recibo según SMED	7.9%	22.6%	6.2%	5.8%

Cuadro 25. Impacto aplicación SMED y ECRS

## 20. Simulación del proceso

Una vez definidos los modelos propuestos para el proceso de recibo y el proceso de reaprovisionamiento, se busca una forma de calcular su comportamiento y las diferencias que se tendrían

en los tiempos actuales de los procesos y los propuestos. Para predecir el comportamiento de estos procesos, se define la utilización de la simulación MonteCarlo por medio del programa Risk, para conocer el comportamiento en el tiempo de estos procesos y sus tiempos, con el fin de realizar una comparación entre los modelos.

#### 20.1. Simulación MonteCarlo

La simulación MonteCarlo es una herramienta muy utilizada para resolver problemas difíciles y complejos, pero prácticos con gran facilidad, por lo que se decide su utilización en el actual proyecto. Como menciona (Mun, 2012), la simulación MonteCarlo es un generador de números aleatorios que es útil para el análisis de los pronósticos, la estimación y el riesgo. Una simulación calcula numerosos contextos o escenarios de un modelo por escoger repetidamente, por medio de valores de una distribución de probabilidad ingresada por el usuario para las variables inciertas y usando esos valores como insumo del modelo. Ya que todas estas variables producen resultados asociados al modelo definido, es decir, se genera un pronóstico, estas son las salidas del modelo.

#### 20.2. Simulación en el programa Risk

El programa Risk Simulator es un programa auxiliar de Microsoft Excel, que se integra con las hojas de cálculo de Excel, donde se tienen los datos por analizar. Según (Palisade, 2016), Risk Simulator se encarga de ayudar a identificar, cuantificar y valorar el riesgo de los proyectos por medio de la generación de múltiples escenarios. Para utilizar el programa se deben seguir los siguientes pasos:

1. Preparar el modelo en estudio: Primeramente, se debe establecer el modelo por utilizar e ingresar el mismo y sus salidas en una hoja de cálculo de Excel. Seguidamente se deben reemplazar los valores inciertos de las variables por sus funciones de probabilidad asociadas, las cuales muestran una serie de posibles valores que podrían representarse de esta celda, en lugar de limitarse a un solo valor. Seguidamente se seleccionan las celdas que representan las salidas que tendrá el programa, es decir los resultados que se esperan obtener de la simulación.
2. Ejecución de la simulación: una vez que el programa empieza a simular, él calcula el modelo definido en la hoja de Excel, las veces que se le indique, con los valores aleatorios de las funciones que se le introdujeron a cada variable y registra los resultados obtenidos. Además de estos resultados, el programa genera las probabilidades de ocurrencia de los valores, los histogramas, las curvas acumulativas y la información de utilidad para analizar los resultados obtenidos.

### 21. Validación Proceso de Recibo

#### 21.1. Modelo de simulación

Para la validación del proceso de recibo propuesto cuyo objetivo es resolver la problemática identificada en *dock to stock time*, se procede a realizar una simulación MonteCarlo con el software Risk Simulator mediante el cual se presenta una serie de entradas y salidas. Se propone establecer de forma estadística una comprobación de los beneficios estimados que podrían tener las propuestas definidas en el proyecto.

El modelo se encuentra compuesto por variables de entradas que corresponden a las actividades respectivas de este proceso, estas se encuentran parametrizadas según los datos obtenidos por la organización en el estudio del tiempo facilitado para la ejecución del proyecto.

Para la configuración de estas variables de entrada se consideraron únicamente las distribuciones uniformes y triangulares. En el caso de las variables cuyo comportamiento va ser simulado mediante una



distribución uniforme, esto fue determinado de esta manera ya que se considera que el tiempo de esta actividad tiene una variación uniforme, porque el mismo no depende de la cantidad de materiales con los cuales se está ejecutando la acción, es decir, son actividades que pueden ejecutarse para tres cajas o para tres tarimas y su duración no se ve afectada por la misma, por lo tanto su variación va a depender únicamente de las diferencias en el tiempo de ejecución de cada uno de los operarios.

Para el caso de las actividades que van a ser simuladas mediante una distribución triangular, corresponden a operaciones que efectivamente se ven afectadas en función de la cantidad de materiales a los cuales se les aplica la actividad. Actividades como: etiquetar, segregar y descargar del contenedor tienen una variación importante en su tiempo de ejecución ya que debe repetirse por cada unidad de material que se esté manejando. Por ejemplo, etiquetar una única caja tiene una duración mucho menor que etiquetar una tarima completa o un grupo de tarimas.

Por estas razones para estas actividades se parametriza su distribución de manera que considere estas variaciones en su duración mediante una duración mínima, una duración máxima y una moda. En la siguiente figura se muestra una representación gráfica del modelo de simulación propuesto en el cual se encuentran las actividades de un respectivo proceso, el cual va a variar según el tipo de material que se encuentre bajo estudio, y cada una parametrizada según la distribución que haya sido determinada.

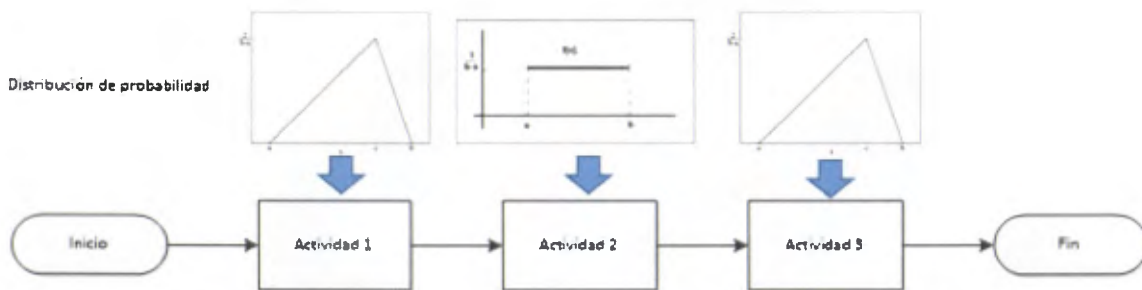


Figura 46. Representación gráfica modelo simulación

Para esta simulación como variable de salida se determina el tiempo total de recibo, es decir la sumatoria de las actividades correspondientes al proceso de recibo. Se considera el tiempo de recibo como variable de salida, debido que a este permite identificar directamente mediante la comparación entre la duración actual y la propuesta el impacto que tendría la implementación de las modificaciones al proceso.

Mediante esta variable de respuesta además de cuantificar el impacto en la magnitud del mismo, es posible realizar una comparación de la variabilidad de ambos escenarios, de manera que se puede comprobar bajo criterios estadísticos si realmente la propuesta posee el impacto deseado sobre la variabilidad del proceso de recibo, indicador que fue identificado en el diagnóstico como causante de problemáticas tales como el pago de los tiempos extra.

Para la determinación del tamaño necesario de muestra para realizar la simulación, se utiliza la fórmula del tamaño de muestra en poblaciones infinitas, la cual es la siguiente:

$$n = \frac{z_{1-\alpha/2}^2 * \sigma^2}{\epsilon^2}$$

Donde:

$z_{1-\alpha/2}$ : valor del percentil de la distribución normal

$\sigma$ : Punto de reorden

$\varepsilon$ : Error muestral

Se desprende de la anterior expresión que siempre son el nivel de confianza y el error estándar los que determinan la amplitud del error que se comete, al estimar dicho parámetro con una muestra de tamaño. Además, el valor  $Z_{1-\alpha/2}$  es un valor de la distribución normal tipificada que acumula a su izquierda una probabilidad de  $(1-\alpha/2)$ , o lo que es igual a  $\alpha/2$  a su derecha. Este valor de 1,96 para un nivel de confianza del 95%. (Morillas).

Una vez aplicada esta fórmula para los procesos de recibo, se obtiene como el mayor tamaño de muestra 6.149,59, sin embargo, debido a que las muestras se toman por medio de una simulación y no existen restricciones de cantidad, se decide tomar como tamaño de muestra para todas las simulaciones 10.000,00 datos para aumentar los resultados bajo estudio.

La validación consiste en una comparación de los resultados obtenidos mediante la simulación de 10.000,00 corridas, según los parámetros definidos para las variables de entrada, para tanto el escenario actual del proceso como para el propuesto con los cambios definidos en la etapa de diseño. Mediante esta comparación, se propone la identificación y la validación, de que en efecto las propuestas establecidas para las problemáticas identificadas, generen un impacto significativo en la disminución, tanto de la magnitud de tiempo de recibo como en su variabilidad.

A continuación, se presenta para cada uno de los procesos identificados de recibo por tipo de material, la parametrización de las variables de salida, así como los resultados comparativos entre el proceso actual y el propuesto.

#### 21.2. Resultados obtenidos simulación Proceso de Recibo

A continuación, se muestran los resultados obtenidos luego de realizar la simulación para cada uno de los procesos de recibo estudiados. Los resultados generados por el programa tienen como variable de respuesta las siguientes salidas:

-Resultado mínimo: corresponde al valor mínimo esperado de acuerdo con los parámetros y las variables de la simulación.

-Resultado máximo: corresponde al valor máximo esperado según los parámetros y las variables de la simulación.

-Valor esperado: El valor esperado o la esperanza matemática es un valor promedio y no necesariamente un resultado posible del experimento, es el número que formaliza la idea de valor medio en un fenómeno aleatorio (Walpole, Myers, Myers, & Ye, 2007) .

-Desviación estándar: es la medida de la variabilidad que indica qué tan esparcidos están los datos con respecto a la media, refleja la variabilidad de un proceso (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009) .

-Resultado menor o igual al valor estudiado: corresponde a una probabilidad que muestra el porcentaje de valores iguales o por debajo al valor esperado.

### 21.2.1. Proceso general de recibo

Dentro de la simulación se establecieron los siguientes parámetros para las variables de entradas definidas en la siguiente tabla.

<b>Variables de Entrada</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Valor</b>
<b>Descarga del contenedor</b>	<b>Distribución</b>	<b>Triangular</b>
	<b>Mínimo</b>	<b>13</b>
	<b>Moda</b>	<b>18,3</b>
	<b>Máximo</b>	<b>22</b>
<b>Revisión documental e inspección visual</b>	<b>Distribución</b>	<b>Uniforme</b>
	<b>Mínimo</b>	<b>3</b>
	<b>Máximo</b>	<b>6</b>
<b>Posteo en SAP</b>	<b>Distribución</b>	<b>Uniforme</b>
	<b>Mínimo</b>	<b>3</b>
	<b>Máximo</b>	<b>6</b>
<b>Etiquetar</b>	<b>Distribución</b>	<b>Triangular</b>
	<b>Mínimo</b>	<b>5</b>
	<b>Moda</b>	<b>8</b>
	<b>Máximo</b>	<b>13</b>
<b>Segregar</b>	<b>Distribución</b>	<b>Triangular</b>
	<b>Mínimo</b>	<b>1</b>
	<b>Moda</b>	<b>2</b>
	<b>Máximo</b>	<b>3</b>

*Cuadro 26. Parámetros proceso recibo general actual*

Para la propuesta del proceso de recibo general, se parametrizaron las variables de entradas de la siguiente manera.

<b>Variables de Entrada</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Valor</b>
<b>Descarga del contenedor</b>	<b>Distribución</b>	<b>Triangular</b>
	<b>Mínimo</b>	<b>13</b>
	<b>Moda</b>	<b>18,3</b>
	<b>Máximo</b>	<b>22</b>
<b>Inspección visual</b>	<b>Distribución</b>	<b>Uniforme</b>
	<b>Mínimo</b>	<b>1</b>
	<b>Máximo</b>	<b>3</b>
<b>Posteo en SAP</b>	<b>Distribución</b>	<b>Uniforme</b>
	<b>Mínimo</b>	<b>3</b>

	<b>Máximo</b>	<b>6</b>
<b>Segregar</b>	<b>Distribución</b>	<b>Triangular</b>
	<b>Mínimo</b>	<b>1</b>
	<b>Moda</b>	<b>2</b>
	<b>Máximo</b>	<b>3</b>

*Cuadro 27. Parámetro proceso recibo general propuesto*

Una vez realizadas las diez mil corridas de la simulación, se obtienen los siguientes resultados de los parámetros definidos con anterioridad. En la segunda columna se presentan los valores del proceso actualmente, mientras que, en la tercera columna, se presentan los valores obtenidos al correr la simulación en el proceso propuesto.

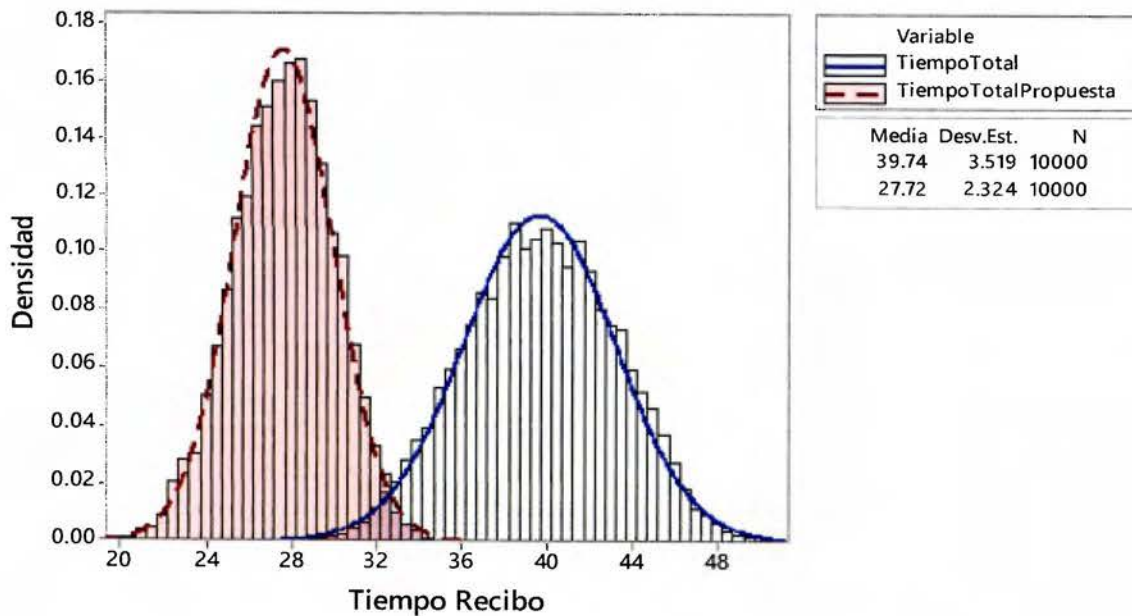
Resultados	Valor Actual	Valor Propuesto
<b>Resultado mínimo</b>	<b>27,40</b>	<b>20,03</b>
<b>Resultado máximo</b>	<b>50,62</b>	<b>34,87</b>
<b>Valor esperado</b>	<b>39,74</b>	<b>27,72</b>
<b>Desviación estándar</b>	<b>3,52</b>	<b>2,32</b>

*Cuadro 28. Comparación resultados simulación proceso general*

Como se observa en el cuadro anterior, se tiene una disminución de la desviación estándar de 1,2 minutos, así como una disminución en el valor esperado de 12,02 minutos, lo cual representa la disminución promedio del proceso de recibo.

A continuación, se presenta un histograma con ajustes y grupos del proceso general actual contra el propuesto, que de acuerdo con (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009) es una representación gráfica, en forma de barras, de la distribución de un conjunto de datos o una variable, donde los datos se clasifican por su magnitud en cierto número de grupos o clases, y cada clase es representada por una barra, cuya longitud es proporcional a la frecuencia de los valores representados. Por lo general, el eje horizontal está formado por una escala numérica para mostrar la magnitud de los datos, mientras que en el eje vertical se representan las frecuencias.

## Comparación Proceso Recibo General Normal



*Figura 47. Histograma comparación proceso recibo general*

Como se observa en la imagen anterior, la distribución de los datos para ambos casos, tiempo total propuesto (gráfico rojo) y tiempo total actual (gráfico azul), presentan procesos centrados, sin embargo, el propuesto posee una variabilidad menor que el proceso actual, lo cual va acorde a las desviaciones estándar, donde se presenta una disminución de 3,519 a 2,324. Además, se observa una disminución en cuanto al valor medio esperado para el proceso general propuesto, luego de la aplicación de ECRS y SMED, lo que indica que se necesita menos tiempo para completar las actividades del proceso.

De acuerdo con la cantidad de recibos mensuales descritos en el apartado anterior y tomando en cuenta las actividades que se eliminan, cuando se aplica ECRS se logra un ahorro monetario de 866.406,25 colones tomando como base un salario promedio mensual de 450.000,00 colones. Al mismo tiempo una liberación de capacidad de 3.36 minutos, lo cual permite realizar 175,9 recepciones más.

### 21.2.2. Proceso de recibo de químicos

Seguidamente se procede a realizar el estudio del proceso de recibo de químicos, el cual se encuentra dividido dependiendo de la necesidad del material, si requiere la colocación de los rombos de seguridad y cuándo no es realizada.

#### 21.2.2.1. Proceso de recibo de químicos con rombos

Dentro de la simulación se establecieron los siguientes parámetros para las variables de entradas definidas en la siguiente tabla.

<b>Variables de Entrada</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
<b>Descarga del contenedor</b>	Distribución	Triangular
	Mínimo	13
	Moda	18,3
	Máximo	22
<b>Revisión documental e inspección visual</b>	Distribución	Uniforme
	Mínimo	3
	Máximo	6
<b>Revisar MSDS del material</b>	Distribución	Uniforme
	Mínimo	3
	Máximo	6
<b>Posteo en SAP</b>	Distribución	Uniforme
	Mínimo	3
	Máximo	6
<b>Imprimir y colocar rombos</b>	Distribución	Uniforme
	Mínimo	8
	Máximo	12
<b>Modificar fecha de expiración</b>	Distribución	Uniforme
	Mínimo	3
	Máximo	5
<b>Etiquetar</b>	Distribución	Triangular
	Mínimo	5
	Moda	8
	Máximo	13
<b>Seleccionar localización de almacenamiento</b>	Distribución	Uniforme
	Mínimo	1
	Máximo	3

*Cuadro 29. Parametrización proceso químicos con rombo actual*

Para la propuesta del proceso de recibo generan se parametrizaron las variables de entradas de la siguiente manera.

<b>Variables de Entrada</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
<b>Descarga del contenedor</b>	Distribución	Triangular
	Mínimo	13
	Moda	18,3
	Máximo	22
<b>Inspección visual</b>	Distribución	Uniforme
	Mínimo	1
	Máximo	3
<b>Posteo en SAP</b>	Distribución	Uniforme

	Mínimo	3
	Máximo	6
<b>Imprimir y colocar rombos</b>	Distribución	Uniforme
	Mínimo	8
	Máximo	12
<b>Etiquetar</b>	Distribución	Triangular
	Mínimo	5
	Moda	8
	Máximo	13
<b>Segregar</b>	Distribución	Triangular
	Mínimo	1
	Moda	2
	Máximo	3

*Cuadro 30. Parametrización proceso químicos con rombo propuesto*

El estudio del proceso de recibo de químicos con los rombos se realiza de la misma manera que el proceso general, es decir por medio de la simulación de diez mil corridas del proceso actual y del proceso propuesto, como se muestran a continuación los resultados:

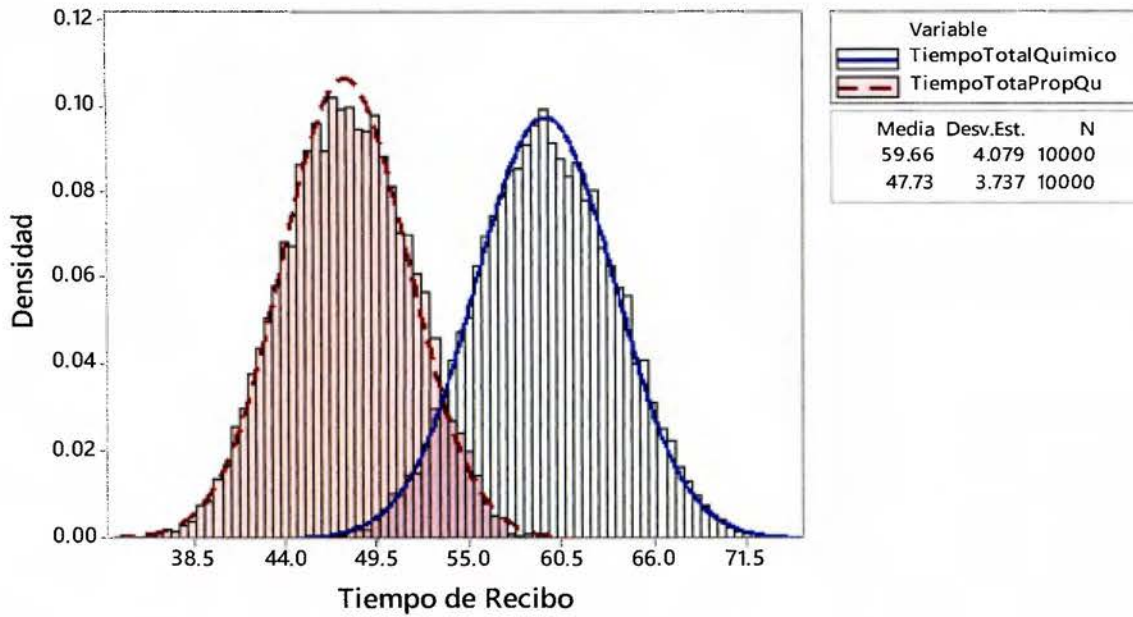
Resultados	Valor actual	Valor propuesto
Resultado mínimo	47,11	34,29
Resultado máximo	74,07	59,66
Valor esperado	59,66	47,73
Desviación estándar	4,08	3,74

*Cuadro 31. Comparación resultados procesos químicos con el rombo*

Según el cuadro presentado, se puede observar una disminución de la desviación estándar de 0,34 minutos, así como una disminución en el valor esperado de 11,93 minutos, resultados que muestran la disminución en los tiempos de realización y la variación del proceso.

Seguidamente se presenta un histograma con ajustes y grupos del proceso actual de recibo de procesos químicos con rombos contra el propuesto.

### Proceso de Químicos con Rombo Normal



*Cuadro 32. Histograma comparación proceso de químicos con rombo*

Como se muestra en el histograma comparativo del tiempo propuesto (gráfico rojo) y tiempo total actual (gráfico azul), se encuentra que ambos procesos son centrados, sin embargo, el proceso propuesto posee una disminución tanto en el valor medio esperado, como en la variabilidad presentada, expresada por medio de la desviación estándar, para la que se obtuvo una disminución de 0,342.

De acuerdo con la cantidad de recibos mensuales descritos en el apartado anterior y tomando en cuenta las actividades que se eliminan aplicando ECRS, se logra un ahorro monetario de 281.640,63 colones tomando como base un salario promedio mensual de 450.000,00 colones. Al mismo tiempo una liberación de capacidad de 14,36 minutos, lo cual permite realizar 128,93 recepciones más.

#### 21.2.2.2. Proceso de recibo de químicos sin rombos

Dentro de la simulación se establecieron los siguientes parámetros para las variables de entradas definidas en la siguiente tabla.

Variables de Entrada	Parámetro	Valor
<b>Descarga del contenedor</b>	Distribución	Triangular
	Mínimo	13
	Moda	18,3
	Máximo	22
<b>Revisión documental e inspección visual</b>	Distribución	Uniforme
	Mínimo	3



	Máximo	6
Revisar MSDS del material	Distribución	Uniforme
	Mínimo	3
	Máximo	6
Posteo en SAP	Distribución	Uniforme
	Mínimo	3
	Máximo	6
Modificar fecha de expiración	Distribución	Uniforme
	Mínimo	3
	Máximo	5
Etiquetar	Distribución	Triangular
	Mínimo	5
	Moda	8
	Máximo	13
Seleccionar localización de almacenamiento	Distribución	Uniforme
	Mínimo	1
	Máximo	3

*Cuadro 33. Parametrización variables proceso recibo de químicos sin rombo actual*

Para la propuesta del proceso de recibo se parametrizaron las variables de entradas de la siguiente manera.

Variables de Entrada	Parámetro	Valor
Descarga del contenedor	Distribución	Triangular
	Mínimo	13
	Moda	18,3
	Máximo	22
Inspección visual	Distribución	Uniforme
	Mínimo	1
	Máximo	3
Posteo en SAP	Distribución	Uniforme
	Mínimo	3
	Máximo	6
Etiquetar	Distribución	Triangular
	Mínimo	5
	Moda	8
	Máximo	13
Segregar	Distribución	Triangular
	Mínimo	1
	Moda	2
	Máximo	3

*Cuadro 34. Parametrización variables proceso propuesto recibo sin químicos*

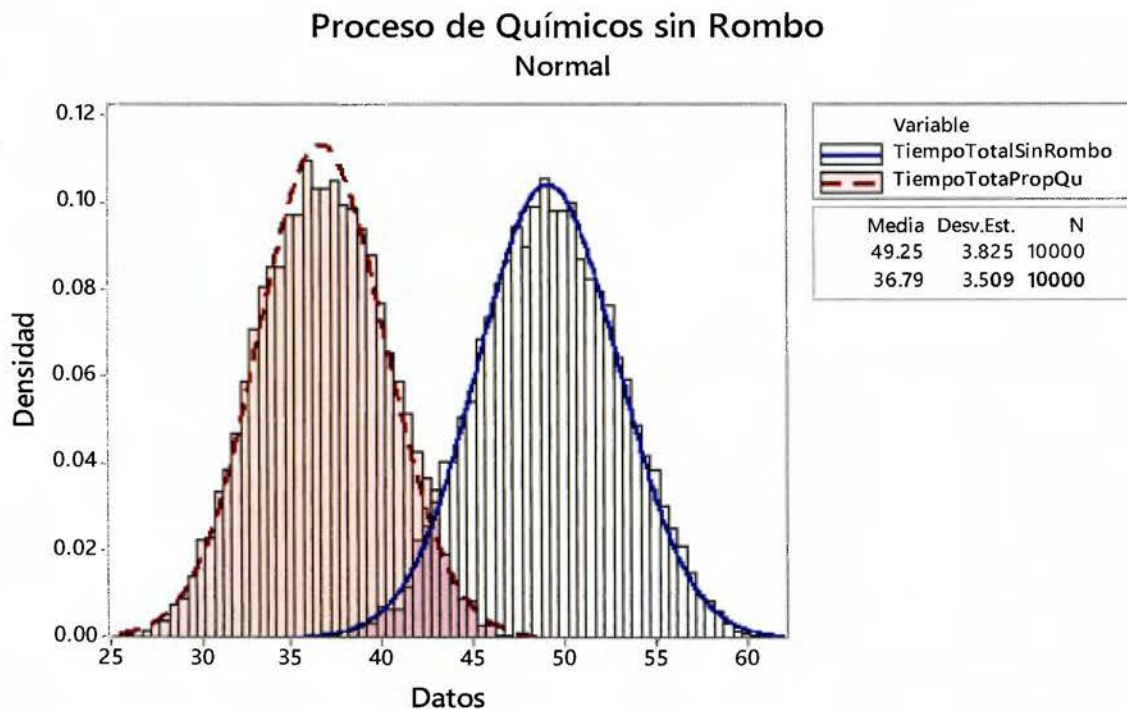
Para el proceso del recibo de químicos sin los rombos, se realiza una simulación de diez mil corridas tanto para el proceso actual como para el propuesto, donde se obtienen los siguientes resultados:

Resultados	Valor	Valor
Resultado mínimo	36,52	25,69
Resultado máximo	61,43	47,86
Valor esperado	49,23	36,80
Desviación estándar	3,83	3,51

*Cuadro 35. Comparación resultados proceso de recibo de químicos sin rombo*

Como se observa en el cuadro anterior, se tiene una disminución de la desviación estándar de 0.32 minutos, así como una disminución en el valor esperado de 12,43 minutos.

A continuación, se presenta un histograma con los ajustes y los grupos del proceso actual de recibo de químicos sin rombos contra el propuesto.



*Figura 48. Histogramas comparación proceso recibo químicos sin rombos*

Para el proceso del recibo de químicos sin rombo se tiene para ambos casos, tanto el proceso propuesto (gráfico rojo), como el actual (gráfico azul) presentan procesos centrados, sin embargo, el propuesto posee una variabilidad menor que el proceso actual, lo cual va acorde con las desviaciones estándar, donde se presenta una disminución de 3,825 a 3,509.

De acuerdo con la cantidad de recibos mensuales descritos en el apartado anterior y tomando en cuenta las actividades que se eliminan, cuando se aplica ECRS, se logra un ahorro monetario de 281.640,63 colones tomando como base un salario promedio mensual de 450.000,00 colones. Al mismo tiempo se da una liberación de capacidad de 14,36 minutos lo cual permite realizar 128,93 recepciones más.

21.2.3. *Proceso de recibo de metales preciosos*

Dentro de la simulación se establecieron los siguientes parámetros para las variables de entradas definidas en la siguiente tabla.

<b>Variables de Entrada</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
<b>Descarga del contenedor</b>	Distribución	Triangular
	Mínimo	13
	Moda	18,3
	Máximo	22
<b>Revisar lista de procedimiento</b>	Distribución	Uniforme
	Mínimo	2
	Máximo	4
<b>Revisión documental e inspección visual</b>	Distribución	Uniforme
	Mínimo	3
	Máximo	6
<b>Posteo en SAP</b>	Distribución	Uniforme
	Mínimo	3
	Máximo	9
<b>Etiquetar</b>	Distribución	Triangular
	Mínimo	5
	Moda	8
	Máximo	13
<b>Conseguir segunda firma de traveler</b>	Distribución	Uniforme
	Mínimo	7
	Máximo	10
<b>Segregar</b>	Distribución	Triangular
	Mínimo	1
	Moda	2
	Máximo	3
<b>Completar formulario</b>	Distribución	Uniforme

	Mínimo	3
	Máximo	5

Cuadro 36. Parametrización variables proceso actual de recibo de metales preciosos

Para la propuesta del proceso de recibo se parametrizaron las variables de entradas de la siguiente manera.

VARIABLES DE ENTRADA	PARÁMETRO	VALOR
Descarga del contenedor	Distribución	Triangular
	Mínimo	13
	Moda	18,3
	Máximo	22
Inspección visual	Distribución	Uniforme
	Mínimo	1
	Máximo	3
Posteo en SAP	Distribución	Uniforme
	Mínimo	3
	Máximo	9
Conseguir segunda firma de traveler	Distribución	Uniforme
	Mínimo	7
	Máximo	10
Segregar	Distribución	Triangular
	Mínimo	1
	Moda	2
	Máximo	3
Completar formulario	Distribución	Uniforme
	Mínimo	3
	Máximo	5

Cuadro 37. Parametrización variables proceso propuesto de recibo de metales preciosos

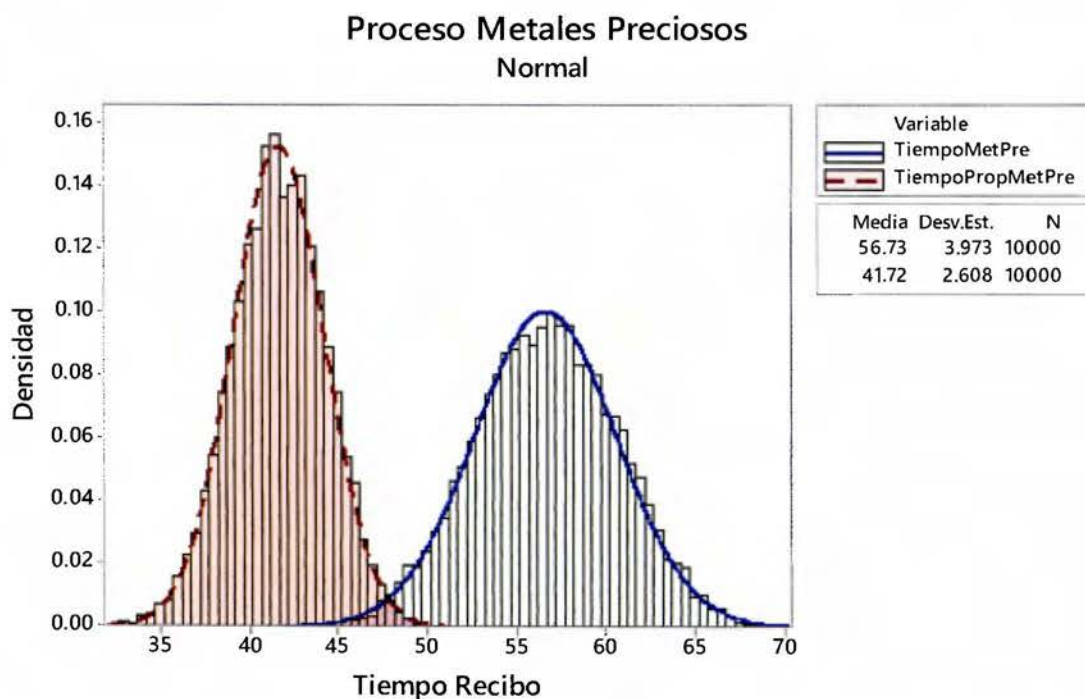
Una vez realizadas las diez mil corridas de la simulación, se obtienen los siguientes resultados de los parámetros definidos con anterioridad. En la segunda columna se presentan los valores del proceso actualmente, mientras que, en la tercera columna, se presentan los valores obtenidos al correr la simulación en el proceso propuesto.

Resultados	Valor Actual	Valor Propuesto
Resultado mínimo	43,19	32,66
Resultado máximo	69,58	49,93
Valor esperado	56,73	41,72
Desviación estándar	3,97	2,61

Cuadro 38. Comparación resultados proceso de recibo de metales preciosos

Como se observa en el cuadro anterior, se tiene una disminución de la desviación estándar de 1,36 minutos, así como una disminución en el valor esperado de 15,01 minutos, lo cual representa la disminución promedio del proceso de recibo de metales preciosos.

A continuación, se presenta un histograma con ajustes y grupos del proceso general actual contra el propuesto, que de acuerdo con (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009) es una representación gráfica, en forma de barras, de la distribución de un conjunto de datos o una variable, donde los datos se clasifican por su magnitud en cierto número de grupos o clases, y cada clase es representada por una barra, cuya longitud es proporcional a la frecuencia de los valores representados. Por lo general, el eje horizontal está formado por una escala numérica para mostrar la magnitud de los datos, mientras que en el eje vertical se representan las frecuencias.



Cuadro 39. Histograma comparación proceso de recibo de metales preciosos

Como se observa en la imagen anterior, la distribución de los datos para ambos casos, tiempo total propuesto (gráfico rojo) y tiempo total actual (gráfico azul) presentan procesos centrados, sin embargo, el propuesto posee una variabilidad menor que el proceso actual, lo cual va acorde con las desviaciones estándar, donde se presenta una disminución de 3,973 a 2,608. Además, se observa una disminución en cuanto al valor medio esperado para el proceso general propuesto, luego de la aplicación de ECRS y SMED, lo que indica que se necesita menos tiempo para completar las actividades del proceso.

De acuerdo con la cantidad de recibos mensuales descritos en el apartado anterior y tomando en cuenta las actividades que se eliminan, cuando se aplica ECRS, se logra un ahorro monetario de 16.250,00

colones tomando como base un salario promedio mensual de 450.000,00 colones. Al mismo tiempo una liberación de capacidad de 3,36 minutos, lo cual permite realizar 1,97 recepciones más.

#### 21.2.4. Proceso de recibo de paquetería

Dentro de la simulación se establecieron los siguientes parámetros para las variables de entradas definidas en la siguiente tabla.

VARIABLES DE ENTRADA	PARÁMETRO	VALOR
Revisar prealertas	Distribución	Uniforme
	Mínimo	2
	Máximo	4
Separar material por lote	Distribución	Uniforme
	Mínimo	5
	Máximo	7
Revisión documental e inspección visual	Distribución	Uniforme
	Mínimo	3
	Máximo	6
Posteo en SAP	Distribución	Uniforme
	Mínimo	3
	Máximo	9
Etiquetar	Distribución	Triangular
	Mínimo	5
	Moda	8
	Máximo	13
Segregar	Distribución	Triangular
	Mínimo	1
	Moda	2
	Máximo	3
Actualizar prealertas	Distribución	Uniforme
	Mínimo	1
	Máximo	3

Cuadro 40. Parametrización variables proceso actual de recibo de paquetería

Para la propuesta del proceso de recibo se parametrizaron las variables de entradas de la siguiente manera.

VARIABLES DE ENTRADA	PARÁMETRO	VALOR
Separar material por lote	Distribución	Uniforme
	Mínimo	5

	Máximo	7
<b>Inspección visual</b>	Distribución	Uniforme
	Mínimo	1
	Máximo	3
<b>Posteo en SAP</b>	Distribución	Uniforme
	Mínimo	3
	Máximo	9
<b>Segregar</b>	Distribución	Triangular
	Mínimo	1
	Moda	2
	Máximo	3

*Cuadro 41. Parametrización variables proceso propuesto de recibo de paquetería*

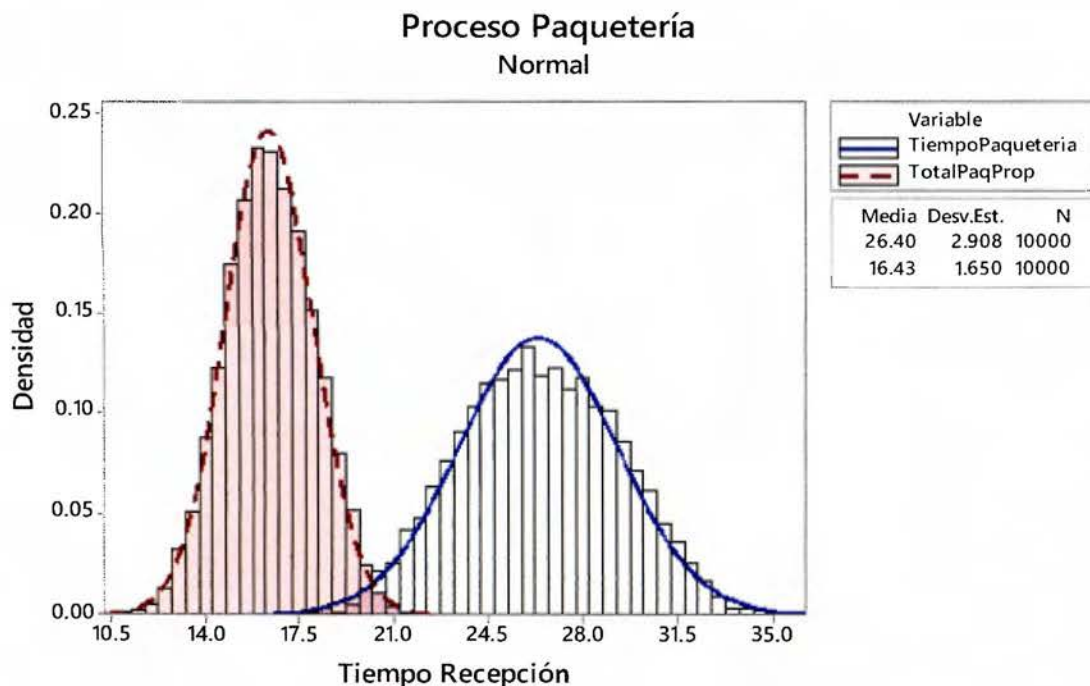
Una vez realizadas las diez mil corridas de la simulación, se obtienen los siguientes resultados de los parámetros definidos con anterioridad. En la segunda columna se presentan los valores del proceso actualmente, mientras que en la tercera columna, se presentan los valores obtenidos al correr la simulación en el proceso propuesto.

Resultados	Valor Actual	Valor Propuesto
Resultado mínimo	17,88	10,80
Resultado máximo	35,71	21,42
Valor esperado	26,40	16,43
Desviación estándar	2,91	1,65

*Cuadro 42. Comparación resultados proceso recibo paquetería*

Como se observa en el cuadro anterior, se tiene una disminución de la desviación estándar de 1.26 minutos, así como una disminución en el valor esperado de 9,97 minutos, lo cual representa la disminución promedio del proceso de recibo de metales preciosos.

A continuación, se presenta un histograma con ajustes y grupos del proceso general actual contra el propuesto, que de acuerdo con (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009) es una representación gráfica, en forma de barras, de la distribución de un conjunto de datos o una variable, donde los datos se clasifican por su magnitud en cierto número de grupos o clases, y cada clase es representada por una barra, cuya longitud es proporcional a la frecuencia de los valores representados. Por lo general, el eje horizontal está formado por una escala numérica para mostrar la magnitud de los datos, mientras que en el eje vertical se representan las frecuencias.



*Figura 49. Histogramas comparación proceso de recibo de paquetería.*

Como se observa en la imagen anterior, la distribución de los datos para ambos casos, tiempo total propuesto (gráfico rojo) y tiempo total actual (gráfico azul) presentan procesos centrados, sin embargo, el propuesto posee una variabilidad menor que el proceso actual, lo cual va acorde con las desviaciones estándar, donde se presenta una disminución de 2.98 a 1.65. Además, se observa una disminución en cuanto al valor medio esperado para el proceso general propuesto, luego de la aplicación de ECRS y SMED, lo que indica que se necesita menos tiempo para completar las actividades del proceso.

De acuerdo con la cantidad de recibos mensuales descritos en el apartado anterior y tomando en cuenta las actividades que se eliminan, cuando se aplica, ECRS se logra un ahorro monetario de 321.875,00 colones por mes tomando como base un salario promedio mensual de 450.000,00 colones. Al mismo tiempo una liberación de capacidad de 3,36 minutos, lo cual permite realizar 30,16 recepciones más.

#### 21.2.5. Cuantificación de impacto validación Proceso de Recibo

A continuación, se presenta una tabla resumen con el impacto de la validación del proceso de recibo, en la misma se muestra el ahorro económico, como resultado de la aplicación de ECRS, y la liberación de la capacidad y los recibos extras que se pueden generar a partir de esta, como resultado de la aplicación de SMED.

Proceso	Ahorro Económico Mensual (colones)	Recibos extras Mensuales
General	866.406,25	175,9



Químico sin rombo	1.640,625	0,75
Químicos con rombo	11.484,375	5,26
Paquetería	321.875,00	31,16
Metales preciosos	16.250,00	1,97

Cuadro 43. Cuantificación impacto proceso de recibo

## 22. Validación Modelo reaprovisionamiento

### 22.1. Modelo de simulación

#### 22.1.1. Materiales importados

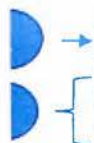
Para la validación del modelo de reaprovisionamiento propuesto cuyo objetivo es resolver la problemática identificada, se procede a realizar una simulación MonteCarlo con el software Risk Simulator, mediante el cual según una serie de entradas y salidas, se propone establecer de forma estadística, una comprobación de los beneficios estimados que podrían tener las propuestas definidas en el proyecto.

El modelo consiste en una simulación del comportamiento de los niveles semanales de inventario de cada uno de los materiales de importación, bajo el modelo de aprovisionamiento propuesto y comparar los resultados del mismo con los niveles de inventario aplicando el modelo actual.

El modelo parte de un análisis de veinticuatro semanas, es decir aproximadamente seis meses, en los cuales se cuentan como variables de entradas, los siguientes datos.

- Consumo: corresponde al consumo promedio de cada material de acuerdo con su comportamiento en los últimos tres meses. Durante cada una de las veinticuatro semanas de la simulación, se registra un consumo distinto, ya que este valor de consumo es simulado mediante una distribución triangular la cual considera como valores máximos y mínimos de consumo según el error de pronóstico.
- *Lead time*: es el tiempo de entrega del proveedor que inicia desde el momento en el que se coloca una orden de compra hasta que ingresa a la bodega de BSC Coyal. Este tiempo también va ser simulado mediante una distribución triangular mediante la cual se consideran los tiempos mínimos y máximos de entrega.
- *Stock* de seguridad: para el caso de la simulación del modelo propuesto consiste en la cantidad de inventario de seguridad que se propone según la herramienta de cálculo diseñada y para la simulación del modelo actual se utiliza la cantidad de inventario de seguridad que maneja la organización actualmente.

En la siguiente figura se observa una sección de la simulación para establecer la lógica mediante la cual fue diseñada la simulación del modelo propuesto.



	Semana				
	1	2	3	4	5
Ingreso Proveedor	0	0	0	0	0
HUB Inicial	3000	3000	3000	3000	2000
Traslado HUB	0	0	0	1000	0
HUB Final	3000	3000	3000	2000	2000
BSC Inicial	1000	750	505	259	970
Consumo	250	245	246	289	211
BSC Final	750	505	259	970	759
Cobertura	2,88461538	2,0308311	1,036	4,092827	3,036


Figura 50. Lógica simulación de materiales importados

Como se observa en el indicador (2), se deben considerar las simulaciones del inventario en el HUB, ya que de acuerdo con la propuesta se debe establecer un control sobre los inventarios en estas localizaciones para garantizar la disponibilidad del producto. Como se observa, se contabiliza el inventario inicial de cada semana en el HUB y para calcular el inventario final, se le resta al inventario inicial la cantidad de material que sea trasladado a la bodega de BSC en ese periodo.

Los traslados de HUB a la bodega de BSC se activan de acuerdo con las tarjetas del sistema Kan Ban. Cada tarjeta de Kan Ban debe almacenar dos semanas de inventario en la bodega de BSC, por lo que cada vez que la bodega de BSC cuente con una cobertura igual o menor a dos semanas, se activa esta tarjeta de Kan Ban, por lo que en la siguiente semana se observa un traslado desde el HUB a la bodega.

Para todos los materiales, los traslados desde el HUB deben representar una cobertura aproximada de cuatro semanas de inventario, es decir un mes, más el inventario de seguridad propuesto según la herramienta, por lo que en promedio cada cuatro semanas se realizará un traslado si se cuenta con inventario disponible en el HUB. En caso de no contar con dicho inventario, se posterga la entrega hasta que el proveedor vuelva a realizar la entrega al HUB, en la figura el indicador (1), y se cuente con inventario disponible.

Según se define previamente, el tiempo de entrega del proveedor es una variable de entrada que va a cambiar en cada una de las corridas de la simulación, por lo que los ingresos del proveedor van a variar de manera que se intenta simular los retrasos o los adelantos potenciales que podrían tener los proveedores al poner en marcha el modelo propuesto.



	Semana				
	1	2	3	4	5
Ingreso Proveedor	0	0	0	0	0
HUB Inicial	3000	3000	3000	3000	2000
Traslado HUB	0	0	0	1000	0
HUB Final	3000	3000	3000	2000	2000
BSC Inicial	1000	750	505	259	970
Consumo	250	245	246	289	211
BSC Final	750	505	259	970	759
Cobertura	2,88461538	2,0308311	1,036	4,092827	3,036

Figura 51. Lógica propuesta de simulación de materiales importados

Según muestra el indicador (3), la simulación considera además los inventarios en la bodega de BSC, los inventarios iniciales de cada semana corresponden a la suma del inventario final de la semana pasada y el traslado que se haga desde el HUB en esa semana. El inventario final se calcula como la resta entre el inventario inicial y el consumo que se haya realizado en esa semana, a su vez la cobertura se calcula de la siguiente manera:

$$Cobertura = \frac{Inventario\ Final}{Consumo\ promedio\ próximas\ 3\ semanas}$$

En la siguiente figura se observa una sección de la simulación del modelo actual de aprovisionamiento de la organización.



	Semana				
	1	2	3	4	5
Ingreso	0	0	0	0	0
BSC Inicial	357492	329856,665	303552,739	275873,293	247393,848
Consumo	27635,3349	26303,9261	27679,4457	28479,4457	27337,4134
BSC Final	329856,665	303552,739	275873,293	247393,848	220056,434
Cobertura	12,00	10,91	9,98	8,95	7,92

Figura 52. Lógica actual de simulación de materiales importados

Como se observa en la figura, en esta simulación no se considera el inventario en HUB, ya que la misma no es utilizada y únicamente se consideran los inventarios en la bodega de BSC. Como se observa en el indicador (5), los inventarios iniciales consideran la suma del inventario de la semana pasada y el ingreso del proveedor que se haya realizado en esa semana. Para el inventario final, se le resta al inventario inicial el consumo de ese mes y finalmente, se procede a calcular la cobertura la cual considera la misma fórmula de la simulación del modelo propuesto.

Los ingresos de materiales a la bodega de BSC van a ser calculados como el consumo durante el *lead time* más el inventario actual de seguridad con que cuenta la organización.

Ambas simulaciones de los inventarios, según la lógica establecida, proceden a realizarse por veinticuatro semanas considerando las siguientes dos variables de respuesta.

- Cobertura promedio: corresponde al promedio de la cobertura final de todas las semanas, se plantea como objetivo de esta variable de salida, la comparación en la cobertura que se almacenaría semanalmente en la bodega bajo un nuevo modelo en comparación al modelo actual.
- Semanas en SO: consiste en la suma total de semanas en las que el inventario de BSC queda en *stock out*, es decir no se cuenta con suficiente material para suplir con la necesidad de producción. El objetivo de esta variable es poner a prueba el modelo, de manera que mediante la simulación se pueda estimar que el nivel de disponibilidad del inventario con el que se va a contar al aplicar el nuevo modelo de aprovisionamiento.

Cabe destacar que para cada modelo de simulación se realizan diez mil corridas, según la parametrización definida de las variables de respuesta.

### 22.1.2. Materiales nacionales

Para la validación del modelo de reaprovisionamiento propuesto cuyo objetivo es resolver la problemática identificada, se procede a realizar una simulación MonteCarlo con el software Risk Simulator, mediante el cual según una serie de entradas y salidas, se propone establecer de forma estadística una comprobación de los beneficios estimados que podrían tener las propuestas definidas en el proyecto.

El modelo consiste en una simulación del comportamiento de los niveles semanales de inventario de cada uno de los materiales nacionales, bajo el modelo de aprovisionamiento propuesto y comparar los resultados del mismo con los niveles de inventario aplicando el modelo actual.

El modelo parte de un análisis de veinticuatro semanas, es decir aproximadamente seis meses, en los cuales se cuenta como variable de entradas el siguiente dato.

- Consumo: corresponde al consumo promedio de cada material de acuerdo con su comportamiento en los últimos tres meses. Durante cada una de las veinticuatro semanas de la simulación, se registra un consumo distinto, ya que este valor de consumo es simulado mediante una distribución triangular la cual considera como valores máximos y mínimos de consumo según el error de pronóstico.
- Stock de seguridad: para el caso de la simulación del modelo propuesto se basa en la cantidad de inventario de seguridad que se propone, según la herramienta de cálculo diseñada y para la simulación de modelo actual, se utiliza la cantidad de inventario de seguridad que maneja la organización actualmente.

En la siguiente figura se observa una sección de la simulación para establecer la lógica, mediante la cual fue diseñada la simulación tanto para el modelo propuesto como para el actual.

		Semana				
		1	2	3	4	5
1	Ingreso	0	0	0	0	175
	BSC Inicial	250	194,8036952	135,6812933	76,55889145	193,1293303
	Consumo	55,2	59,1	59,1	58,4	58,0
	BSC Final	194,8	135,7	76,6	18,1	135,2
2	Cobertura	3,31	2,32	1,34	0,32	2,35

Figura 53. Lógica Simulación

Como se observa en el indicador (1), los inventarios iniciales consideran la suma del inventario de la semana pasada y el ingreso del proveedor que se haya realizado en esa semana. Para el inventario final se le resta al inventario inicial el consumo de ese mes y finalmente, se procede a calcular la cobertura de acuerdo con la siguiente fórmula.

$$Cobertura = \frac{Inventario\ Final}{Consumo\ promedio\ próximas\ 3\ semanas}$$

Los ingresos de materiales a la bodega de BSC se realizan de acuerdo con las tarjetas del sistema Kan Ban. Cada tarjeta de Kan Ban debe almacenar una semana de inventario en la bodega de BSC, por lo que cada vez que la bodega de BSC cuente con una cobertura igual o menor a una semana, se activa esta

tarjeta de Kan Ban, por lo que en la siguiente semana se observa un ingreso de material desde el proveedor.

Para todos los materiales, los ingresos de inventario deben representar una cobertura aproximada de dos semanas de inventario más el inventario de seguridad propuesto, según la herramienta por lo que en promedio cada dos semanas se realizará un ingreso de material.

Para el modelo de reaprovisionamiento actual, se considera la misma lógica de esta simulación, únicamente que en este caso los ingresos del proveedor buscan almacenar un mes de cobertura más el inventario actual de seguridad que maneja la organización.

Ambas simulaciones de los inventarios, según la lógica establecida, proceden a realizarse por veinticuatro semanas considerando las siguientes dos variables de respuesta.

- Cobertura promedio: corresponde al promedio de la cobertura final de todas las semanas, se plantea como objetivo de esta variable de salida la comparación en la cobertura que se almacenaría semanalmente en la bodega, bajo un nuevo modelo en comparación con el modelo actual.
- Semanas en SO: consiste en la suma total de semanas en las que el inventario de BSC queda en *stock out*, es decir no se cuenta con suficiente material para suplir la necesidad de producción. El objetivo de esta variable es poner a prueba el modelo, de manera que mediante la simulación se pueda estimar que el nivel de disponibilidad de inventario con el que se va contar al aplicar el nuevo modelo de aprovisionamiento.

Cabe destacar que para cada modelo de simulación se realizan diez mil corridas según la parametrización definida de las variables de respuesta.

## 22.2. Resultados de validación método reaprovisionamiento

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del proceso de simulación para el modelo de reaprovisionamiento propuesto. Se muestra una tabla que contiene la materia prima y para cada una de ellas, la cobertura y *stock outs* del proceso actual y el propuesto para los materiales nacionales e internacionales.

<b>Materias Primas Nacionales</b>					
<b>Materia Prima</b>	<b>Cobertura actual</b>	<b>Cobertura propuesta</b>	<b>Porcentaje de variación de cobertura</b>	<b>Valor esperado de stock outs actual</b>	<b>Valor esperado de stock outs propuesto</b>
90028599-01	2,14	1,44	32,71%	0,036	0,076
435019-02	1,89	1,45	23,28%	0,059	0,11
435160-01	1,91	1,39	27,23%	0,063	0,088
435983-02	2,22	1,95	12,16%	0,038	0,069
90528006-01	2,19	1,34	38,81%	0,038	0,076

90723036-01	2,07	1,39	32,85%	0,021	0,037
90723037-01	1,84	1,44	21,74%	0,023	0,074
DW07816	1,71	1,47	14,04%	0,066	0,084
435402-02	1,87	1,3	30,48%	0,062	0,084
DW08115-2	1,88	1,41	25,00%	0,079	0,071
90028619-01	2,35	1,34	42,98%	0,056	0,074
549284-02	1,91	1,91	0,00%	0,077	0,077
549285-01	1,91	1,92	-0,52%	0,077	0,067
434780-02	2,03	1,35	33,50%	0,006	0,039
435401-02	1,86	1,72	7,53%	0,063	0,061
DW07099	3,57	1,5	57,98%	0,015	0,079

Cuadro 44. Resultados proceso simulación materiales nacionales

Como se observa en el cuadro anterior, mediante el modelo de reaprovisionamiento se logran disminuir los niveles de cobertura de las materias primas en un promedio 75,02%, donde se pasa de una cobertura promedio actual de a 2,08 a 1,52 semanas. Al mismo tiempo se observa que la probabilidad de que ocurra un *stock out* es prácticamente nula en ambas situaciones.

En la siguiente tabla se adjuntan los resultados obtenidos para las materias primas de importación.

Materias Primas Importadas						
Materia Prima	Cobertura actual	Cobertura propuesta	Porcentaje de variación de cobertura	Valor esperado de stock actual	Valor esperado de stock outs	Valor esperado de stock outs propuesto
90084254-01	7,53	2,58	66%	0	0	0
90161683-01	7,54	2,18	71%	0	0	0
434779-07	7,93	2,35	70%	0	0	0
DW00345	7,33	2,35	68%	0	0	0
90459414-01	7,12	3,19	55%	0	0	0
DW00802-01	7,53	2,13	72%	0	0	0
DW00396	7,53	2,34	69%	0	0	0
DW00194	7,54	2,67	65%	0	0	0
DW05784	7,53	2,38	68%	0	0	0
90402821-04	7,53	2,39	68%	0	0	0
804484-03	7,53	3,08	59%	0	0	0
436023-03	7,53	2,86	62%	0	0	0

433784-01	7,53	2,74	64%	0	0
321263-01	7,53	3,41	55%	0	0
808884-09	7,53	3,31	56%	0	0
DW05780	7,53	2,67	65%	0	0
601265-01	7,53	2,56	66%	0	0
90097357-01	7,53	2,89	62%	0	0
90715672-01	7,53	3,16	58%	0	0

Cuadro 45. Resultado proceso simulación materiales importados

Como se observa en la tabla, se registra una reducción en la cobertura de los materiales de importaciones en promedio 64%, es decir 2,69 semanas. Además, los resultados permiten observar que no existe una diferencia en la cantidad de SO que se registran entre el modelo actual de aprovisionamiento y el propuesto, por lo que es posible decir que el cambio de modelo no aumenta el riesgo de un potencial desabasto de materias primas y por lo tanto es sostenible, de manera que permite disminuir las coberturas sin poner riesgo la producción de la planta.

Ambas propuestas provocan que al disminuir la cobertura de materiales en la bodega de BSC, se almacenan menos materiales, por lo que esto tiene un impacto tanto en el espacio de almacenamiento, es decir en el indicador de éxito de utilización de bodega, como en el aspecto económico relacionado con los costos operativos.

### 23. Resultados de los indicadores de éxito

#### 23.1. Dock to Stock time

Seguidamente se realiza un análisis del indicador del *dock to stock time*, haciendo una comparación entre este tiempo actual para cada una de las familias, contra el tiempo propuesto, para el cual se obtienen los siguientes resultados:

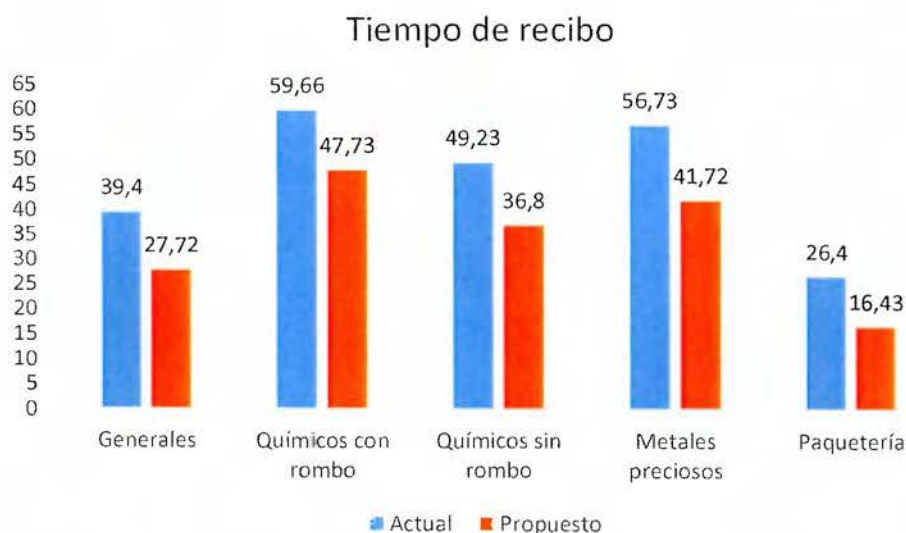
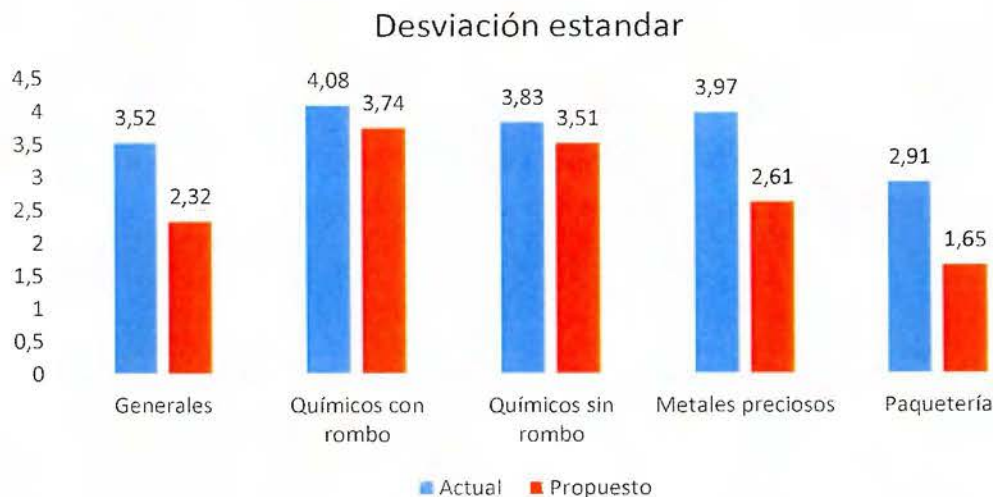


Gráfico 7. Resultado Dock to Stock Time variación tiempo

Como se puede observar en el gráfico, se presenta una disminución en el *dock to stock time* para todas las familias de materia primas con un promedio de 27,82% del ahorro del tiempo propuesto contra el tiempo actual. Además, se realiza el análisis de la mejora en la desviación estándar de estos tiempos, presentando los siguientes resultados:



*Gráfico 8. Resultado Dock to Stock Time desviación estándar*

### 23.2. Utilización de Bodega

Como se observa en el cuadro anterior, se presenta una disminución en la desviación estándar dentro de todas las familias, lo que simboliza una disminución de la desviación estándar en promedio de 0,89 minutos, lo cual representa la disminución promedio del proceso de recibo.

Ambas propuestas al disminuir la cobertura de materiales en la bodega de BSC, hace que se almacene por lo tanto menos materiales, por lo que esto tiene un impacto tanto en el espacio de almacenamiento, es decir en el indicador de éxito de utilización de bodega, como en el aspecto económico relacionado con los costos operativos.

Se realiza el cálculo de la cantidad de tarimas almacenadas que se disminuyen en caso de la implementación de la propuesta, en el siguiente gráfico se observa que hay una reducción de 229 tarimas del total de 1166, es decir un 24% de la utilización en bodega.



## Utilización de Bodega

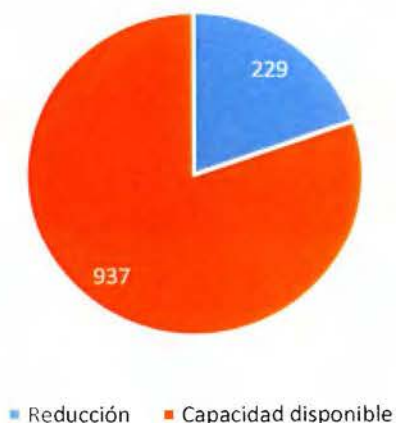


Gráfico 9. Resultado Utilización Bodega reducción tarimas

En la siguiente gráfica se observa una comparación en la cantidad de tarimas que se almacenan con la cobertura actual, la reducción de tarimas que se generan con la propuesta para los materiales nacionales e importados y la cantidad final de tarimas que se pueden almacenar con la propuesta del modelo de aprovisionamiento.

## Reducción en tarimas

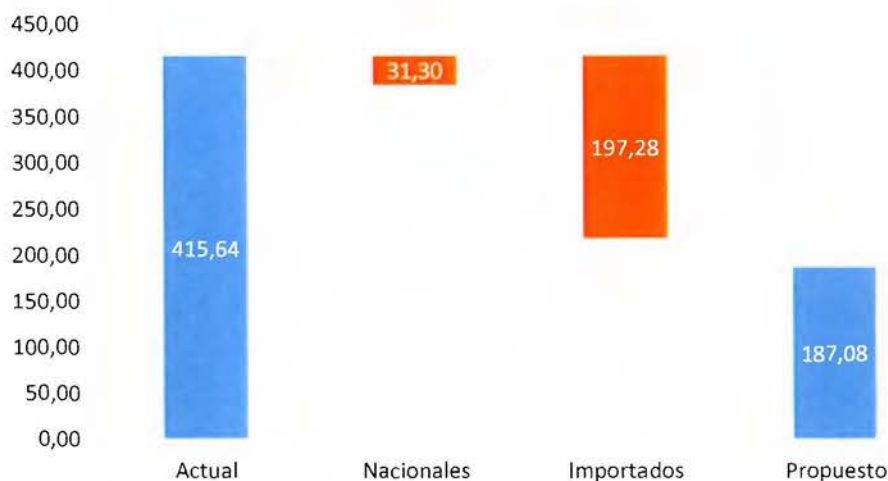


Gráfico 10. Resultado de la disminución de tarimas materiales ABC

Como se observa en la gráfica, mediante el modelo de aprovisionamiento propuesto es posible lograr una reducción de 32 tarimas de productos nacionales y 197 para materiales de importación. Para los 35 materiales bajo estudio, según el escenario actual se deben mantener 415 tarimas en bodega, pero de acuerdo con los resultados de la propuesta, se tendría una reducción hasta llegar a 188 tarimas.

Esta reducción en la utilización de bodega además tiene una implicación en los costos operativos. De acuerdo con los datos brindados por la organización, por cada tarima que se almacene en bodega se registra un costo de \$29,39 es decir esta reducción de 229 tarimas representa una disminución en los costos de almacenamiento de \$6.717,00 mensualmente, es decir en un año esto significa \$80.614,00 como se observa en el siguiente gráfico.



Gráfico 11. Costo oportunidad mejora de utilización de la bodega

23.3. Inventory Turnover

La reducción de cobertura en las materias primas también tiene un impacto económico en el stock promedio que se almacena en la bodega de BSC. Esta disminución de inventario se cuantifica como la diferencia en valor de inventario entre la cobertura actual y la propuesta. Según los cálculos esta disminución significa \$274.205,11 menos el valor de inventario, lo cual representa apenas un seis por ciento de reducción.

Al contar con una reducción baja en el valor del inventario, el impacto en el *inventory turnover* es apenas de 0,24 meses es decir pasaría de tener ocho meses de rotación a 7,75 meses. Como es mencionado desde la etapa de diagnóstico del proyecto, las materias primas seleccionadas como objetivo de estudio representaban apenas un doce por ciento del valor de inventario, por lo que la reducción de inventario no iba representar una disminución significativa en el valor de inventario.

A pesar de esto, se realiza un análisis para determinar cuál es el impacto en este indicador, en caso de que a todas las materias primas restantes de BSC, se les realice una disminución de cobertura igual a la disminución promedio obtenida para las materias primas bajo estudio. Es decir considerando que en caso de aplicar los modelos de aprovisionamiento para todas las materias primas y obtener una reducción de 2,87 semana, esto representaría una reducción en el valor del inventario por \$3.510.927, lo cual simbolizaría una reducción del *inventory turnover* a 4,9 meses de rotación, es decir, por debajo de la rotación de BSC Coyol como se observa en la siguiente gráfica.

## Inventory Turnover Propuesta



Gráfico 12. Resultados Inventory Turnover

La reducción vista desde el punto de cobertura en días de las materias nacionales e internacionales entre el modelo actual y el propuesto se observa de la siguiente manera:

## Impacto Cobertura

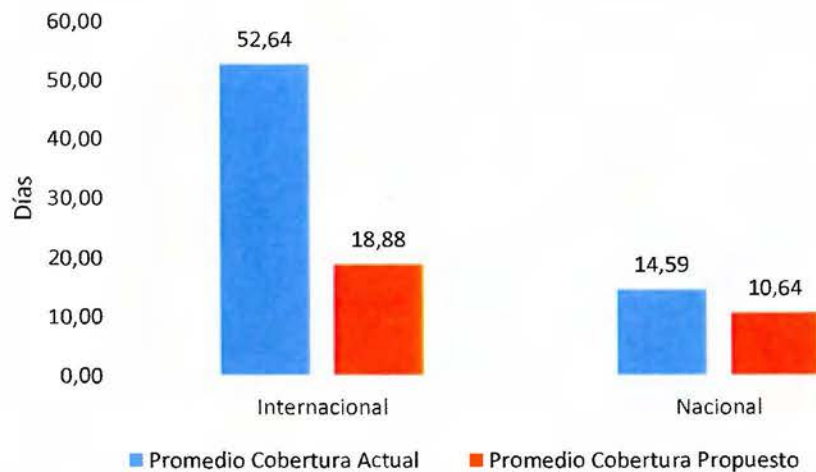


Gráfico 13. Resultado cobertura

Se observa en el gráfico anterior, cómo el modelo propuesto genera una disminución de 3,95 días en la cobertura nacional propuesta con respecto al actual y de 33,76 días en la cobertura internacional.

### Reducción Porcentual de Cobertura Internacionales



*Gráfico 14.Reducción Cobertura Internacional*

En el gráfico anterior se observan los cambios porcentuales de cobertura de la propuesta con respecto a la cobertura actual de la empresa. De la cobertura actual que posee la BSC hay un 64% de reducción, es decir, únicamente un 36% de la cobertura actual es el porcentaje idóneo, según el modelo de reaprovisionamiento propuesto.

### Reducción Porcentual de Cobertura Nacionales



*Gráfico 15.Reducción Cobertura Nacional*

Al igual que en el gráfico anterior, se observan los cambios porcentuales de cobertura de la propuesta con respecto a la actual de la empresa. De la cobertura actual que posee la BSC hay un 27% de reducción, es decir, la compañía debe mantener el 72% de la cobertura actual de acuerdo con el modelo de reaprovisionamiento propuesto.

## Conclusiones Generales

- Con el desarrollo y la implementación del sistema de gestión de inventarios en la bodega de Boston Scientific Coyal, el cual se respalda en criterios técnicos y posee una base teórica que fundamenta el proyecto, se alcanza una liberación y una optimización del espacio de almacenamiento, reduciendo los gastos por concepto de almacenamiento externo de materias. Esto se logra mediante el correcto cálculo de los inventarios de seguridad de las materias primas y el rediseño del método de reaprovisionamiento, a través de la utilización de HUBS y las tarjetas de KANBAN, todo esto cumpliendo con los requerimientos, las expectativas y las necesidades del personal de bodega.
- La utilización del sistema de gestión de inventarios permite a la empresa disminuir los tiempos de recepción de las materias primas y con esto la variabilidad en el rendimiento del proceso, mediante una evaluación y un rediseño de los métodos de recibo y sus actividades asociadas, eliminando actividades que no agregan valor, esto bajo un enfoque de procesos y mejora continua.
- La flexibilidad y la adaptabilidad de la herramienta, que permite el cálculo de los inventarios de seguridad y el método de reaprovisionamiento a través de la generación de los tamaños de las tarjetas de KANBAN, brinda la posibilidad a BSC de implementar la misma en todas las materias primas del almacén, lo cual brinda la oportunidad de aumentar los beneficios y ampliar el alcance de la propuesta.
- Mediante el desarrollo de la propuesta, se brinda la posibilidad a la operación de la bodega de Boston Scientific Coyal, de aumentar su eficiencia a través del mejoramiento del proceso de recepción de los materiales y de acrecentar la capacidad de espacio de almacenamiento, al mismo tiempo permite la reducción de costos, la simplificación de procesos y mejora la utilización de los recursos, todo esto contribuye a la permanencia de la operación.

## Recomendaciones

- Se considera pertinente realizar el estudio de la viabilidad del desarrollo de un plan de integración operativa entre el área de compras y la bodega, que permita una mayor comunicación y una visualización de las necesidades reales de los materiales y que considere el espacio de almacenamiento para evitar la sobreutilización del mismo, utilizando las métricas y los indicadores en común, esto apoyado en las tarjetas de KANBAN que brindan la magnitud ideal para generar los pedidos correctos.
- Se propone realizar un ajuste en el sistema de medición en el proceso de recibo, el cual contemple una segregación por tipo de familia de los materiales, con el fin de mejorar la exactitud de los indicadores y cuantificar de manera correcta el comportamiento individual de cada una de ellas.
- Se recomienda la implementación de las propuestas diseñadas a la totalidad de las materias primas con las que cuenta la bodega, con el fin de aumentar el impacto y los beneficios para la empresa.

## Bibliografía

- Ballou, R. (2004). *Administración de la Cadena de Suministros*. México: Prentice Hall.
- Bartholdi, J. (2011). *Warehouse & Distribution Science*. Atlanta: Georgia Institute of Technology.
- Bowersox. (2002). *Supply Chain Logistics Management*. Mc Graw Hill.
- Carbonell, F. E. (2013). Técnica SMED. Reducción del tiempo preparación.
- Chopra, S. (2008). *Administración de la cadena de suministros*. México: Pearson Education.
- Frazelle, E. (2002). New York: McGraw-Hill.
- Frazelle, E. (2002). *Supply Chain Management*. New York: McGrawHill .
- Ghiani, G. (2004). *Introduction to logistic system planning and control*. Inglaterra: John Wiley & Sons Ltd.
- Ghiani, G. (2004). *Introduction to Logistic Systems Planning and Control*. John Wiley & Sons. Ltd.
- González, A. (2012). *Kan Ban: Control y Mejora de Procesos*. México.
- Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2009). *Control estadístico de calidad y seis sigma*. México: Mc Graw-Hill.
- Heineken. (s.f.). *Improvement Capability: ECRS*.
- Morillas, A. (s.f.). *Muestreo en poblaciones finitas*.
- Mun, J. (2012). *Simulador de riesgo*. Dublin, California: Real Options Valuation, Inc.
- Ocampo, J. R. (2012). Integrando la Metodología DMAIC de Seis Sigma con la simulación de Eventos Discretos en Flexsim. *Universidad Tecnológica Centroamericana, San Pedro Sula, Honduras*.
- Palisade. (2016). Obtenido de Risk, Analice el riesgo en Excel o en Project con una simulación Monte Carlo: <http://www.palisade-lta.com/risk/>
- Rojas, A. R.-F. (2009). *Introducción a seis sigma*. Madrid: Universidad Pontificia Comillas ICAI-ICADE.
- Walpole, R. (2007). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. Ciudad de México: Pearson Education.
- Walpole, R., Myers, R., Myers, S., & Ye, K. (2007). *Probabilidad y estadística para ingenierías y ciencias*. México: Pearson Educación.

## Glosario

- **BSC Corporación:** hace referencia a la empresa a nivel mundial considerando todas las plantas de producción.
- **Doct-to-Stock Time:** tiempo transcurrido desde el momento en que el recibo arriba a la bodega hasta el momento en que está listo para *picking* o *shipping*.
- **Expeditors:** compañía de logística global.
- **HUB:** Centro de distribución unimodal.
- **Incoterms:** terminus internacionales de comercio.
- **In transit:** inventario que se está trasladando desde el proveedor hasta el cliente.
- **Inventory turnover:** cantidad de veces que el inventario es reemplazado durante cierto periodo de tiempo.
- **MRO:** inventario de mantenimiento, reparación y operación.
- **National fire protection association 740:** hace referencia al rombo de seguridad del material que indica información sobre salud, inflamabilidad, reactividad y riesgos específicos.
- **Pull:** tipo de planificación que su utiliza cuando la demanda del producto determina cuánto producir.
- **Put-away:** refiere al proceso de colocación de los materiales en posiciones de almacenamiento.
- **Picking:** refiere al proceso de bodega en el cual se retiran materiales de su posición de almacenamiento para ser entregados al cliente interno o externo.
- **Storage:** refiere al proceso de retención de materiales en una ubicación física.
- **Receiving:** refiere al proceso en el que se realiza el recibo de los materiales a la bodega.
- **Sales operation planning (S&OP):** proceso de toma de decisiones mediante una reunión que agrupa los departamentos de compras y alta gerencia para planificar y estimar el plan de producción anual con el objetivo de conocer los requerimientos de la materia prima.
- **Scorecard:** herramienta que permite unir distintas estrategias y sus respectivos indicadores.
- **Stock-keeping-unit (SKU's):** corresponde a una abreviatura que se utiliza para identificar las materias primas en bodega.
- **Stockout:** desabasto para cubrir con la demanda de producción.
- **System, Applications, Products in Data Processing (SAP):** programa o software de computadora utilizado por la empresa para realizar el manejo de datos del área de bodega.
- **Traveler:** documento en el cual por medio de una segunda revisión se verifican las cantidades, el lote y el tipo de materia prima y la misma debe ser firmada para obtener su aprobación.



## Anexos

### Anexo 1. Herramienta cálculo teórico de SS

Ver documento de Excel "Herramienta cálculo teórico de SS"

### Anexo 2. Manual de herramienta del cálculo teórico del *safety stock*

La presente herramienta se encarga de calcular el *safety stock* de cada materia prima, en base a la fórmula teórica de este inventario, la cual es:

$$SS = (Z * DESV * RAIZ (LEAD TIME))$$

A partir de esta fórmula se crea la siguiente pestaña en el programa Excel:

Material	Consumo Promedio	Error de pronóstico (%)	Error de Pronóstico	Lead time	SS nuevo	SS	Vol/Uni	Tarimas	Diferencia Tarimas
DW07816	2641014	16,0%	422562,2	0,33	478174,19	700000,00	2,8E-05	13,3	-6,162
90161683-01	1317903	13,0%	171327,4	0,50	237447,65	400000,00	5,6E-05	13,2	-9,031
90084254-01	90551	10,0%	9055,1	2,50	28062,05	25000,00	6,0E-04	17,0	1,852
90723037-01	75826	4,0%	3033,0	2,50	9399,49	32000,00	3,2E-04	3,0	-7,244
434779-07	299305	7,0%	20951,4	3,00	71126,05	320000,00	5,0E-05	3,6	-12,444
435983-02	49631	15,0%	7444,7	2,50	23071,21	25000,00	4,2E-04	9,6	-0,804
435019-02	119164	5,0%	5958,2	2,00	16515,29	40000,00	1,0E-04	1,7	-2,446
90028599-01	1922	17,0%	326,7	0,13	233,84	900,00	6,7E-03	1,6	-4,441
435160-01	2728	14,0%	381,9	0,13	273,34	1000,00	7,7E-03	2,1	-5,590

En esta pestaña se debe de ingresar el nombre del material (en la columna A, a partir de la celda 5) al que se le va a calcular el SS y la siguiente información:

- Consumo promedio (se debe de ingresar en la columna B, a partir de la celda 5): esta se establece obteniendo el promedio de los tres meses anteriores al periodo actual con el fin de estabilizar el valor de variable y que no se vea afectada por los cambios de la demanda, la cual varía sin una tendencia establecida.
- Error de pronóstico % (se debe de ingresar en la columna C, a partir de la celda 5): esta variable se obtiene mediante los datos de pronóstico teórico, el cual se establece a inicio de año como un estimado del comportamiento de la demanda a través del mismo, y los consumos reales de las materias primas.
- Error de pronóstico (se debe de ingresar en la columna D, a partir de la celda 5):: esto corresponde a la cantidad de materia prima generada a partir del porcentaje de error de pronóstico.
- *Lead time* (se debe de ingresar en la columna E, a partir de la celda 5):: este valor considera el tiempo desde que la orden de compra es generada hasta que el material está disponible para ser utilizado en la bodega.

Con base en esta información la herramienta procede a calcular el SS correspondiente en la columna F, además se puede encontrar la comparación con el SS actual y la diferencia en tarimas en la columna J.

### Anexo 3. Herramienta cálculo tamaño KanBan

Ver documento de Excel "Herramienta de cálculo de KanBan"

### Anexo 4. Manual de herramienta de cálculo de tamaño de KanBan

La presente herramienta se encarga de realizar el cálculo del Kan Ban mensual que debe ejecutarse para la aplicación del método de aprovisionamiento propuesto.

Conforme se estableció en la propuesta, el kan ban de materiales nacionales debe corresponder a 1 semana de producción del próximo mes y para materiales importados debe corresponder a 2 semanas de producción.

Como se observa en la herramienta se debe ingresar los códigos de los materiales y el consumo del próximo mes de cada material, se calcula de forma automática del tamaño del Kan Ban según sea nacional o importado. Se adjunta una imagen con un ejemplo de la aplicación de esta herramienta.

Codigo	Descripcion	Tipo de abastecimiento	Consumo	Tamaño Kan Ban
434807-01	POLYSLIP COATING S-701	Nacional	10	5
701134-01	T/F BALLOON SKIVE	Importado	25	6.25
90980623-01	ZFV-SC50 SMART SENSOR	Nacional	13	6.5
700978-01	XL SKIVER	Nacional	18	9
90975704-01	LX2610-B1-A2625-400 SINGLE AXIS ACT	Nacional	30	15
90979863-01	REN45 SAFETY HAND	Importado	53	13.25
7001241-22	TIP MOLD	Importado	18	4.5
7001241-02	TIP MOLD	Importado	80	20
7001241-03	TIP MOLD	Nacional	88	44
7001241-04	TIP MOLD	Nacional	74	37
7001241-10	TIP MOLD	Nacional	15	7.5
7001241-11	TIP MOLD	Nacional	23	11.5
90966973-01	WEIGHT BLOCK, 15LB 90164654 PAG 7	Importado	27	6.75
90966959-01	TENSIONER WEIGTH 90030568 PAG 2	Importado	74	18.5
90351567-02	Bromocresol Green	Nacional	91	45.5
90863897-01	Mezcla Hidrogeno-Argon 2-98	Nacional	64	32
479859-01	TIP FORMING MOLD INSERT 6 FR	Importado	56	14
479207-24	TIP FORMING GLASS 8.3FR	Nacional	72	36