



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**“MEJORA CONTINUA DE PROCESOS: INSTRUMENTACIÓN
Y APLICACIÓN EN UN ALMACÉN DE LOGÍSTICA”**

TESINA

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

P R E S E N T A:

ROSALES ESPEJEL ERIKA ABIGAIL

DIRECTOR:

M.I. SUSANA CASY TÉLLEZ BALLESTEROS



MÉXICO, D.F.

2015

Índice

1.0	Introducción	5
1.1	Justificación	5
1.2	Objetivos	6
1.3	Hipótesis	7
2.0	Marco teórico	8
2.1	Antecedentes	8
2.2	Lean manufacturing	10
2.2.1	Los siete desperdicios	11
2.2.2	Kaizen	14
2.2.3	Mejora continua aplicada a las instalaciones	15
2.2.4	Mejora continua (kaizen) aplicado a grupos	16
2.2.5	Mejora continua (kaizen) aplicado al individuo	16
2.2.6	Ergonomía del empleado	17
2.2.7	Mapeo de la cadena de valor (VSM)	18
2.3	Metodología six sigma	19
2.3.1	Definir	21
2.3.2	Medir	21
2.3.3	Analizar	22
2.3.4	Mejorar	23
2.3.5	Controlar	24
2.4	Pruebas de hipótesis	24
2.4.1	Pruebas de hipótesis de igualdad de varianzas	25
2.4.2	Pruebas de hipótesis de igualdad de medias con varianzas conocidas	26
2.4.3	Pruebas de hipótesis de igualdad de medias con varianzas desconocidas	28
2.5	Definición y características de un almacén	30
2.6	Ventas por internet	31
3.0	Caso de estudio: metodología y resultados	33
3.1	Etapas de definición	33
3.1.1	Descripción del almacén bajo estudio	34

3.1.2 Distribución actual del almacén.....	35
3.2 Mapeo de los procesos del almacén.....	37
3.2.1 Cross dock.....	37
3.2.2 Consigna.....	41
3.2.3 Logística inversa	43
3.2.4 Oficinas	46
3.3 Diagnóstico de la situación actual.....	47
3.4 Etapa de medición	49
3.5 Etapa de análisis.....	50
3.6 Etapa de mejora.....	52
3.6.1 Propuestas de mejora.....	52
3.6.2 Propuestas no implementadas	58
3.6.3 Propuestas implementadas y posibles beneficios	59
3.7 Etapa de control	63
3.7.1 Pruebas de hipótesis para los procesos del almacén	64
ANEXOS.....	74
BIBIOGRAFIA.....	77

Glosario de términos utilizados

Consigna: Área del almacén dónde se coloca el producto de los proveedores.

Cross dock: Área del almacén bajo estudio donde se realiza el manejo del material tanto para el ingreso como para la salida.

JIT: (Just in time) Justo a tiempo es una filosofía enfocada a producir justo lo que se requiere, cuando se necesita y sin desperdiciar recursos en el sistema.

KAIZEN: Término en japonés utilizado para definir a la mejora continua.

Kanban: Sistema de información para el control del flujo de recursos en procesos de fabricación, por medio del uso de tarjetas.

Logística inversa: Área del almacén en dónde se ingresan las devoluciones y sobrantes.

Mezzanine: Piso que se instala en un almacén, para aumentar la capacidad de almacenaje.

SKU: (Stock keeping unit) Identificador usado en el comercio con el objetivo de permitir el seguimiento sistémico de los productos.

SMED: (Single minute exchange of die) Es el cambio de herramientas en un solo dígito de minutos.

Staying: Área del almacén en dónde se coloca el producto una vez que se recibe, o una vez que se surtió y está esperando para ser embarcado.

TIC: Tecnologías de la información y la comunicación.

TPM: (Total productive maintaince) Mantenimiento productivo total es una filosofía Japonesa que se enfoca en la eliminación de pérdidas asociadas con paros, calidad y costos en los procesos de producción.

TPS: (Toyota Production System) Sistema de producción Toyota es una filosofía orientada a la optimización de los procesos de producción, para lograr productos de la más alta calidad y al más bajo costo.

VSM: (Value Stream Map) Análisis de la cadena de valor de un proceso o Servicio, desde su inicio con proveedores, hasta la entrega al cliente final.

1.0 Introducción

1.1 Justificación

Una empresa existe por un propósito: para crear un producto de valor y generar ingresos con el fin de continuar existiendo en el mercado tan cambiante de hoy en día. Estos ingresos deben cubrir los gastos de la empresa, proveer capital para la operación en un futuro, y proveer las ganancias esperadas para los accionistas (Aristide *et al.*, 2013).

Para algunas empresas, la generación de ingresos no se realiza con la creación de un producto sino con la prestación de un servicio, como lo son las empresas de logística. En dichas empresas, los ingresos se pueden ver afectados por la realización de actividades que no agregan ningún valor dentro del proceso que se está realizando; a su vez, estas actividades generan un costo que debe ser absorbido por la empresa.

Para este caso de estudio se analizaron los procesos de un almacén de logística ubicado en el Estado de México, dicho almacén maneja bienes de consumo (ropa, zapatos, accesorios...) que son vendidos previamente vía internet, se ingresan productos muy variados tanto en tamaño como en material, se tiene una amplia variedad de líneas de producto, lo que produce cierta variación en los procesos que se realizan dentro del almacén.

Un almacén es parte del sector terciario de la economía, en el sector terciario no se producen bienes ni materiales, se reciben los productos elaborados en el sector secundario para su venta. También ofrece la oportunidad de aprovechar algún recurso sin llegar a ser dueños de él, como es el caso de los servicios. Asimismo, el sector terciario incluye las comunicaciones y los transportes.

Al ser parte del área de servicios, el almacén tiene un enfoque orientado a la satisfacción del cliente, es por esto que se decidió realizar el estudio dentro del almacén ya que el cliente solicitó la reducción del tiempo de almacenaje de su producto debido a que tuvo un incremento en sus ventas y se debe cumplir con las entregas a todos los clientes en tiempo, y una de las actividades que pueden ser de ayuda para cumplir con este requerimiento es la aplicación de la mejora continua: validar la eficiencia de las actividades dentro de los procesos y buscar la forma de mejorarlos para poder cumplir con el requerimiento del cliente.

Desde los años setentas ha incrementado la demanda de servicios y productos manufacturados con bajos costos, personalizados y de calidad, es por esto que las empresas deberían conocer perfectamente las actividades que no generan valor al producto o servicio, para trabajar continuamente en la eliminación de estas actividades. Se puede decir que,

mientras un proceso es más corto mejor es la organización, y en consecuencia los desperdicios son menores.

Hoy en día, debido a la creciente competencia en el mercado es vital para cualquier empresa optimizar el uso de sus recursos y ser capaz de identificar rápidamente potenciales factores para la mejora, particularmente pequeñas y medianas empresas están enfrentando constantemente nuevos retos. Por esta razón se vuelve más importante reaccionar rápidamente y adaptar a la toda la empresa y cada uno de sus integrantes a estos nuevo retos, a definir métodos sistemáticos para la toma de decisiones, y mejorar sus productos y servicios para mantener a sus clientes satisfechos y demostrarles por qué debe continuar usando sus servicios y no ir con la competencia.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Hacer un estudio que permita conocer las áreas de oportunidad de los procesos dentro de un almacén de bienes de consumo, así como las causas de los hallazgos detectados para aplicar e instrumentar la mejora continua de procesos; el trabajo está enfocado a cumplir el requerimiento del cliente de disminuir el tiempo de almacenaje de su producto.

1.2.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual de los procesos realizados en el almacén bajo estudio, para definir los problemas a los que se enfrentan los trabajadores en la realización de cada uno de los procesos.
- Analizar todas las posibles causas de los problemas encontrados, para llegar a la(s) causa(s) raíz.
- Diseñar un plan de acción para eliminar los problemas, con base en la(s) causa(s) raíz que se definió.
- Proponer diferentes soluciones a los problemas, revisar los pros y los contras de cada una de las propuestas y decidir cuál es la mejor opción, tomando siempre en cuenta los requerimientos del cliente.

- Aplicar la solución seleccionada en el paso anterior y monitorear los resultados para compararlos con lo esperado y definido en la propuesta.

1.3 Hipótesis

Se plantea que después de este estudio se conocerán las actividades y procesos que se pueden mejorar, y que la implementación de éstas mejoras impactará directamente en el tiempo de almacenaje del producto.

2.0 Marco teórico

2.1 Antecedentes

El Doctor B.P Dudding, vicepresidente de General Electric, fue uno de los pioneros en la implementación de la mejora continua basándose principalmente en métodos estadísticos. Esta introducción a la mejora comenzó cuando en el Laboratorio Nacional de Física, dónde él trabajaba, se buscaba la forma de reducir las pérdidas de material en las distintas fases de ensamblaje de lámparas.

Por otro lado, Taiichi Ohno, vicepresidente de Toyota, creó en 1960 el TPS (Toyota Production System), sistema que enfocó los esfuerzos en reducir los desperdicios dentro de sus procesos de manufactura e incrementar el valor agregado en el flujo de su operación, desde los proveedores hasta que el producto llegue al cliente (Chiarini, 2012).

Dichos descubrimientos son usados hoy en día no solamente para el área de manufactura, como lo hicieron Taiichi Ohno y B.P. Dudding, sino también para las empresas de servicios, ya que también es posible eliminar los desperdicios en un proceso para poder ofrecer un mejor servicio, a menores costos, eliminando tiempos de espera y errores en los procedimientos.

Una empresa que considera comenzar a aplicar la mejora continua, lo hace principalmente para la generación de mayores ingresos y ser una empresa mucho más competitiva, así mismo, para generar mayores ganancias a corto plazo y ser capaces de mantenerlas a largo plazo (Aristide y Selahattin, 2013). Se debe ver a la mejora continua como una inversión que, a largo plazo va a favorecer a la empresa dándole una ventaja competitiva.

Cabe mencionar que la ventaja competitiva de una empresa no recae en replicar las prácticas y técnicas de mejora desarrolladas por Toyota y General Electric, dicha ventaja se las da el hecho de tener la habilidad de comprender las condiciones del mercado y adaptarse para crear soluciones inteligentes y adecuadas para problemas específicos a los que se estén enfrentando.

Hoy en día, se puede definir un estado de mejora continua como una transformación, como el hecho de alcanzar el más alto estado de madurez en la empresa, una madurez que toda la empresa debe ser capaz de mantener a base de esfuerzos constantes, tomando en cuenta y asimilando que no se llega a este estado en una sola noche, sino que toma su tiempo.

Muchas organizaciones ven a la mejora continua como algo que pasa periódicamente, como un proyecto o una campaña, y ponen mayor esfuerzo por mejorar cuando la necesidad se vuelve urgente. Pero esa no es la forma en la que la mejora continua se convierte en una

ventaja competitiva, ya que no se debe hacer sólo cuando se necesite, sino que debe ser un esfuerzo constante que se debe mantener.

Por otra parte, es también importante comprender los procesos, que se definen como: el conjunto de métodos, gente, materiales, medio ambiente y equipo involucrado en la producción de un componente o producto final (Mal, 1989). Dichos procesos son usados tanto para la producción de bienes como de servicios, y son de suma importancia ya que la mejora continua está enfocada principalmente a comprender los procesos, analizarlos y poder eliminar aquellas actividades que no agregan valor al producto o servicio.

Un aspecto muy importante en la mejora continua de procesos es el enfoque y la cultura que se tiene en la empresa, ya que este debe ser enfocado hacia el resultado de las máquinas, o en su caso mano de obra y procesos más que sobre el producto terminado.

Desde los años setenta comenzó una creciente competencia entre las empresas, competencia que incluía factores como: cero defectos, entregas a tiempo, precio y personalización en los productos que fuera relevante para el cliente (Chiarini, 2012) estos factores cambiaron totalmente el escenario en el que se había venido trabajando desde hace mucho tiempo: la producción en masa. En general se puede decir que, mientras más corto es un proceso, se tendrán muchos menos desperdicios, y esto se logra a través de herramientas en las que se basa la mejora continua.

Se puede hablar de mejora continua en diferentes aspectos, se puede aplicar en el lugar de trabajo y esto generalmente significa involucrar a todos los responsables del área (gerentes y trabajadores por igual) para lograr una mejora en la que todo el personal participe.

La mejora continua se refiere a la realización de las actividades de una manera más eficiente y eficaz de lo que se estaba haciendo; la mayoría de los autores mencionan la importancia de involucrar a todo el personal dentro de esta filosofía, como lo hace José Prado (2000) quién menciona que el pilar fundamental en el que se basa la mejora continua es el inmenso potencial que poseen las personas.

Lo que se pretende al aplicar herramientas para la mejora continua, es aprovechar todo el potencial que posee el personal para mejorar a la empresa. El personal puede contribuir con sus ideas de mejora para lograr la supervivencia de la empresa, ya que el personal es la fuente de ideas e innovaciones y su experiencia, conocimiento y cooperación debe emplearse para implantar esas ideas (Prado, 2000).

El mejoramiento continuo puede ser orientado a diferentes objetivos, los más comunes son: aumentar la satisfacción del cliente, mejorar la calidad, reducir los desperdicios, costos y tiempos de ejecución.

Por último, se puede afirmar que la mejora continua no es opcional en una empresa, no es parte del juego, sino que es el juego de hoy en día, una condición de supervivencia.

2.2 Lean manufacturing

La primera persona en introducir el término lean, fue James Womak en su publicación “*The machine that change the world*” en dónde describe las bases de lean manufacturing, sistema que rápidamente sustituyó a la producción en masa (Liker, 1997).

La producción lean se enfoca en la eliminación de desperdicios, incluyendo el desperdicio que se genera dentro de la realización de los procesos y del inventario de bienes terminados. La producción lean no se trata de eliminar personal, sino de incrementar la capacidad y reducir costos y tiempos de ciclo desde la solicitud del producto hasta la entrega.

Hay una gran cantidad de técnicas lean: tanto para control como para mejora de los procesos, estas técnicas son ampliamente usadas por las organizaciones, entre algunas de esas técnicas se encuentran:

- La identificación y minimización de las actividades que no agregan valor al proceso (muda)
- Cambio de herramientas en un minuto (SMED)
- La documentación y uso de procedimientos estándar para la operación
- El uso de ayudas visuales para el flujo del proceso y para comunicación
- Mantenimiento productivo total (TPM)
- Técnicas para prevenir errores: poka yoke
- Sistemas para la organización del lugar de trabajo: 5’s
- Principios justo a tiempo (JIT)
- Métodos kaizen
- Mapeo de la cadena de valor (VSM)

Aunque se tienen una larga lista de herramientas que se pueden aplicar en el lean manufacturing, el término lean es mucho más que el conjunto de esas técnicas: es una manera de pensar, es un sistema completo que crea una cultura en la que todo el personal está constantemente mejorando los procesos y la producción, es un sistema enfocado y dirigido al cliente en dónde los empleados dentro del mismo lugar de trabajo, son los clientes de otras áreas.

La producción lean conduce a la integración de visión, cultura, y estrategia para servir al cliente con la más alta calidad, a un bajo costo y tiempos de entrega cortos. A continuación se presentan más a fondo algunas de las técnicas de lean manufacturing, dichas técnicas fueron utilizadas para la realización de este trabajo de investigación.

2.2.1 Los siete desperdicios

Cuando comenzó a imponerse la ciencia y la técnica en los procesos de fabricación, los viejos procedimientos de inspección empezaron a sustituirse por rutinas de inspección muestral, que se realizaban precisamente en los puntos de mayor importancia en el proceso. Estas innovaciones dieron lugar a una continua reducción del desperdicio de fábrica, así como de mano de obra y una mejora de calidad del producto comercial.

Hoy en día, esas mismas técnicas se utilizan no solamente para el área de manufactura, sino también para los servicios, ya que también es posible eliminar los desperdicios para ofrecer un mejor servicio y eliminar así tiempos de espera, reducir el tiempo de ciclo o la eliminación de errores que pueden tener una repercusión en los costos.

Cualquier actividad dentro del proceso que genera costos pero que no agrega valor al producto, se considera un desperdicio o muda (Gutiérrez, 2010). Toyota fue la empresa pionera en la detección de desperdicios en un proceso, Taiichi Ohno en 1988 identificó siete tipos de desperdicios con el fin de mejorar el proceso y acelerar el flujo del mismo. Estos siete desperdicios son: la sobreproducción, la espera, el sobre-procesamiento, exceso de inventario, exceso de movimientos, re-trabajos y exceso de transporte.

Hoy en día, ciertos autores agregan un octavo desperdicio que es el talento humano, ya que en ciertas ocasiones no se usan las habilidades del trabajador para incrementar su desempeño en los procesos.

La mejora continua se sirve de esta herramienta para identificar y reducir los desperdicios en el proceso y así, obtener un proceso mucho más esbelto, es decir, hacer más en menos tiempo y con menos recursos y actividades para obtener así un proceso mucho más eficiente.

A continuación se enlistan y especifican los siete desperdicios que se pueden encontrar en una empresa, así como sus principales causas y la forma en que normalmente se presentan:

- 1. Sobreproducción:** Se refiere a la producción de un producto mucho más pronto de lo que lo necesita el cliente, o en mayores cantidades. Se identifica cuando se tienen muchas partes de los componentes del producto, o se producen muy anticipadamente, lo cual aumenta el tiempo del ciclo del proceso y empobrece los tiempos de entrega.

Posibles causas: Un tamaño grande de lotes, una mala programación de la producción y las actividades del proceso. Desbalance en el flujo de materiales.

- 2. Espera:** Una espera es un tiempo desperdiciado (tanto en máquinas como en personas). Lo que significa que durante cierto lapso de tiempo no se realizaron actividades que agregaran valor al producto o proceso.

Se presenta como: trabajadores esperando por algún material, información o la disponibilidad de alguna máquina. Cuando el trabajador no realiza ninguna acción mientras las máquinas están produciendo.

Las esperas causan grandes retrasos en la producción ya que el producto está esperando para ser procesado, lo cual aumenta los tiempos de ciclo de la producción.

Posibles causas: Tamaños de lote muy grandes, mala calidad o malos tiempos de entrega de los proveedores, un programa deficiente de mantenimiento y una mala programación de la producción.

- 3. Exceso de transporte:** Se refiere a los traslados o movimientos innecesarios de materiales y personal. Hay un exceso de transporte cuando el movimiento de partes es demasiado, cuando se presentan daños excesivos debido al manejo de los materiales. Largas distancias recorridas por las partes en proceso y tiempos de ciclo extensos.

Posibles causas: Presencia de procesos secuenciales que están separados físicamente por grandes distancias, lo que a su vez se deriva de una mala distribución en la planta. Falta de organización y estandarización para los materiales; es decir, la misma pieza en diferentes lugares.

- 4. Sobre-procesamiento:** Son esfuerzos realizados que no son requeridos por los clientes y que no agregan valor al producto. Se presenta cuando se ejecutan procesos no requeridos por el cliente, o por autorizaciones y aprobaciones sin fundamentos. Así mismo un sobre-procesamiento se ve reflejado en los costos: al tener costos directos muy altos.

Posibles causas: Un mal diseño del proceso y del producto, vagas especificaciones por parte del cliente, pruebas excesivas y procedimientos o políticas inadecuados.

- 5. Exceso de inventarios:** Es la existencia de una mayor cantidad de partes y materiales del que es necesario para atender los pedidos del cliente. Los síntomas de

este desperdicio son: inventarios obsoletos, problema de flujo de efectivo, tiempos de ciclo extensos.

Posibles causas: Sobreproducción, un mal análisis de los pronósticos o mala planeación de las actividades, políticas de compra, proveedores no confiables y tamaño grande de lotes.

- 6. Exceso de movimientos:** Se refiere a los movimientos innecesarios de la gente y materiales dentro de un proceso. Se presenta un exceso de movimientos cuando el trabajador realiza búsquedas constantes de herramientas y/o partes del producto, o cuando hay un exceso de traslados por parte de los trabajadores. Uno de los síntomas más visibles de este desperdicio es una baja en la productividad.

Posibles causas: Una mala distribución en las áreas de trabajo, falta de controles visuales y un mal diseño del proceso.

- 7. Re-trabajo:** Es la repetición o corrección de un proceso. Sus principales síntomas son la existencia de procesos dedicados al re-trabajo, altas tasas de defectos, y departamentos de calidad e inspección muy grandes.

Posibles causas: Mala calidad de los materiales, maquinaria en malas condiciones, procesos no capaces e inestables, poca o nula capacitación al personal y vagas especificaciones por parte del cliente.

Cada uno de estos desperdicios debe ser analizado para poder establecer la mejor forma de realizar una disminución o eliminación del desperdicio, entre algunas de las acciones correctivas que se pueden ejecutar están:

- Reducción de tiempos de preparación, sincronización de procesos.
- Eliminación de actividades innecesarias, balancear cargas de trabajo y capacitación al personal para tener trabajadores con habilidades múltiples.
- Procesamiento de flujo continuo y mejoras en la distribución de planta para disminuir el transporte de materiales.
- Simplificar procesos.
- Organización de las áreas de trabajo y administración visual.
- Llevar un control estadístico de procesos, mejoras en el proceso y desarrollo de proveedores.

Para lograr que un proceso sea esbelto, es necesario guiar los esfuerzos y acciones a la creación de un flujo continuo del proceso: eliminando desperdicios, lentitud, actividades innecesarias y atascos de los procesos, en dónde lo más importante es especificar el valor para cada producto desde el punto de vista del cliente final.

Cabe mencionar que los desperdicios no son solamente encontrados en los procesos de producción, también se encuentran en los procesos realizados en la oficinas (Chiarini, 2012), aunque la mayoría de la veces éstos desperdicios son difíciles de detectar al no tener un producto final, de primera instancia estos desperdicios pueden ser aprobaciones que tardan demasiado tiempo, documentos esperando para ser firmados, etc.

2.2.2 Kaizen

Kaizen es un concepto japonés introducido por Masaki Imai (1986) que se refiere a un cambio para mejorar: es una palabra japonesa usada para expresar el concepto de una gradual e interminable mejora continua, así mismo este concepto está basado en un conjunto de actividades que se deberían tratar de mejorar.

Kaizen también se define como el mejoramiento en marcha que involucra a todos (Imai, 1989). Para cumplir con la definición anterior, es necesario concientizar a cada uno de los integrantes del equipo para que esta filosofía tenga los resultados planeados.

La estrategia kaizen define que lo más importante para la realización de la mejora continua es el cliente, las empresas y organizaciones deben tener una filosofía en dónde lo primordial sea la búsqueda de la satisfacción del cliente. El mejoramiento en el área de calidad, costo, programación de volumen y entregas es esencial.

Los cambios que se aplican en esta estrategia siempre buscan la forma de mejorar procedimientos internos y sistemas e incluso, su compromiso se puede extender a campos como el de las relaciones entre los trabajadores, las prácticas de mercadotecnia y las relaciones con proveedores, lo cual reafirma el principio de la estrategia: esta filosofía de mejora debe involucrar a todos por igual.

Una vez que se definió lo que es el kaizen, es importante mencionar cómo se comienza con esta estrategia, es decir, su aplicación tangible al ambiente de trabajo.

El punto de partida para un mejoramiento es reconocer una necesidad: identificar un problema. Imai (1989) menciona que si no se reconoce ningún problema, tampoco se reconoce la necesidad del mejoramiento. Cuando ya se tiene identificado alguno o varios

problemas, es necesario analizar la situación para poder generar diferentes alternativas para su resolución.

Una herramienta que usa el método kaizen para la implementación de mejoras y, que involucra a todo el personal, es el sistema de sugerencias. El sistema de sugerencias es tal vez la herramienta en la que se necesita un mayor esfuerzo, ya que es la herramienta en dónde se puede tener la mayor participación de todo el personal, es una tarea difícil el poder involucrar a todos los empleados y transmitir esa cultura del mejoramiento continuo. A través de las sugerencias, los empleados participan en la mejora continua en el lugar de trabajo ya que desempeñan un papel vital para el mejoramiento de los estándares de la empresa y, lo más importante, para poder brindar una mayor calidad al cliente.

Todas las herramientas mencionadas deben aplicarse en función de los objetivos de kaizen: la búsqueda de la satisfacción del cliente y la participación de todo el personal.

2.2.3 Mejora continua aplicada a las instalaciones

Cuando se diseña una planta o algún tipo de taller en él que se va a trabajar, lo ideal es que dichas instalaciones sean diseñadas a la medida de las necesidades del proceso, lo cual conduce a pensar que no se podría aplicar ningún tipo de mejora ni en la maquinaria, ni en las instalaciones, pero lo que la estrategia kaizen dice es que incluso la maquinaria mejor diseñada necesitará ser reformada y mejorada en la práctica.

Cambiar la disposición de la planta para mayor eficiencia ha sido una de las prioridades de la mejora continua, estos cambios son principalmente para eliminar cualquier tipo de transporte del material, siendo el transporte una actividad que no da ningún valor agregado al producto pero sí uno de los más costosos.

Un cambio para la mejor administración del espacio en una planta, se puede realizar con base en cinco objetivos principales:

1. Lograr la máxima calidad con la máxima eficiencia
2. Mantener un inventario mínimo
3. Eliminar el trabajo pesado
4. Usar las herramientas e instalaciones para maximizar la calidad y eficiencia y minimizar el esfuerzo
5. Mantener una actitud de mente abierta para el mejoramiento continuo, basado en el trabajo de equipo y en la cooperación

La mejora continua comienza con la forma de operar del trabajador en la planta, moviéndose hacia la maquinaria e instalaciones y por último, efectuándose mejoras en los sistemas y procedimientos.

2.2.4 Mejora continua (kaizen) aplicado a grupos

La mejora continua aplicada al grupo, está representada por los círculos de calidad u otras actividades de grupos pequeños que usan varias herramientas estadísticas para resolver los problemas.

La resolución de problemas en grupo permite y exige no sólo la identificación del mismo, sino que, también se deben identificar causas, analizarlas y proponer nuevas medidas preventivas que conduzcan a una toma de decisiones en dónde el objetivo es generar una estandarización para evitar el surgimiento del problema nuevamente.

2.2.5 Mejora continua (kaizen) aplicado al individuo

La mejora continua se manifiesta en el individuo en forma de sugerencias, el sistema de sugerencias es una forma de generar ideas de mejora y definir áreas de oportunidad que el trabajador puede identificar, siendo él quién conoce perfectamente la operación o proceso y quien lo realiza día tras día enfrentándose también a sus fallas.

El punto de partida de la mejora aplicada desde un individuo es que los trabajadores adopten una actitud positiva hacia el cambio y mejoramiento de la forma en la que trabaja. Con frecuencia la mejora orientada al individuo se considera como un apoyo motivacional, y no siempre busca resultados económicos inmediatos en cada sugerencia.

Los principales temas para sugerencias de diferentes compañías son:

- Mejoras en el trabajo propio
- Ahorros en energía, material y otros recursos
- Mejoramientos en el entorno de trabajo
- Mejoramientos en las máquinas y procesos
- Mejoramientos en herramientas
- Ideas para nuevos productos

En la actualidad la mayor parte de las sugerencias que tienen impacto económico provienen de grupos, mientras que las basadas en sugerencias individuales tienen más una función de motivación para los trabajadores.

Un sistema de sugerencias contribuye a implantar en los trabajadores la filosofía de mejora continua, ya que esto también proporciona la oportunidad de hablar con los supervisores y entre ellos mismos, mejorando así el ambiente de trabajo.

Otro de los aspectos a considerar en la mejora continua aplicada al individuo, es la ergonomía; validar que las condiciones y lugar de trabajo, sean suficientes para que los trabajadores puedan desarrollar satisfactoriamente sus actividades.

2.2.6 Ergonomía del empleado

El término ergonomía ha evolucionado en los últimos años, este hecho hace necesario que se distingan dos definiciones: la tradicional que hace referencia al diseño de sistemas de trabajo, y la actual, más amplia, en la que el término se utiliza para referirse a todas aquellas situaciones en las que se diseñan artefactos para que el ser humano desempeñe sus tareas.

A continuación se presentan dos definiciones de ergonomía, que se refieren a lo que tradicionalmente se conoce como ergonomía. La Ergonomic Research Society define la ergonomía como: el estudio científico de los factores humanos en relación con el ambiente de trabajo y el diseño de los equipos (máquinas, espacio de trabajo etc.).

En el glosario de la Acción Comunitaria Ergonómica (CECA) se define ergonomía como la relación entre el hombre y su trabajo, su equipamiento y su ambiente, y en particular, la aplicación de los conocimientos anatómicos, fisiológicos y psicológicos a los problemas engendrados por esta relación (Llañeza, 2006).

Actualmente las herramientas y artículos que utilizan nuevas tecnologías de la información, se han introducido en la vida diaria de todas las personas y ya no es posible pensar en las máquinas como algo que se utiliza sólo en el lugar de trabajo. Por ello, es necesario ampliar la definición de ergonomía, la cual se convierte en una disciplina científica que estudia los aspectos conductuales y cognitivos de la relación entre el hombre y los elementos físicos y sociales del ambiente, cuando esta relación está medida por el uso de artefactos (Ruiz-Vargas y Belinchón, 2001).

En la mayoría de las definiciones de ergonomía se pueden encontrar tres elementos principales: el estudio de la persona en su interacción con el medio, análisis de la actividad humana en sus diversas vertientes para mejorarla en términos de salud, eficacia, usabilidad, etc., y por último, la presencia de la prevención, que se puede ver como la protección a la salud laboral.

El principal objetivo de la ergonomía es adaptar el trabajo a las capacidades y posibilidades del ser humano. Todos los elementos del trabajo ergonómico se deben diseñar teniendo en cuenta quiénes van a utilizarlos, así mismo en la organización de la empresa debe suceder lo mismo, el diseño debe ser teniendo en cuenta las características y necesidades de las personas que las integran (Llañeza, 2006).

Entre otros de los objetivos que tiene la ergonomía se encuentran: analizar y reducir los riesgos laborales, contribuir a las evoluciones de las situaciones de trabajo a fin de que éste pueda ser realizado salvaguardando la salud y la seguridad, controlar la introducción de las nuevas tecnologías en las organizaciones y su adaptación a las capacidades y aptitudes de la población laboral existente, aumentar la motivación y la satisfacción en el trabajo, mejorar la salud de la empresa y promocionar la salud en el trabajo.

2.2.7 Mapeo de la cadena de valor (VSM)

La cadena de valor se refiere al conjunto de todas las actividades que se requieren para la realización de un producto o servicio (incluyendo actividades de valor y no valor agregado), es decir, el flujo para la producción de bienes desde que se tiene la materia prima, hasta que llega a las manos del cliente. La cadena de valor debe representar una visión completa del flujo del producto.

El mapeo de la cadena de valor (VSM por sus siglas en inglés), se define como una herramienta que es creada para conocer y entender el flujo de material e información en la realización de un producto, el VSM debe incluir proveedores, operaciones y la terminación con el cliente (Rother y Shook, 2003).

El mapeo que se realiza se define como el VSM del estado actual, en dicho mapeo se incluyen datos como tiempos de ciclo, tiempo de cambio de herramientas o de espera para la realización de la actividad, número de operadores. Un análisis del estado actual del proceso provee información sobre el tiempo que se utiliza en las actividades de valor agregado.

Una vez que se realizó el VSM del estado actual, se deben realizar la identificación de las actividades que no agregan valor a nuestro producto y realizar el VSM del estado futuro, es decir, el estado del flujo del proceso al que se quiere llegar, un estado mucho más esbelto. La creación del estado futuro implica mucha creatividad, innovación y trabajo en equipo para identificar posibles soluciones.

Los principales beneficios de la realización de un mapeo de cadena de valor son: tener una visión completa del flujo del proceso, identificar fuentes y situaciones de desperdicio, ayuda a la toma de decisiones sobre el flujo que debe tener el proceso, poder crear un

prototipo de las posibles soluciones que se pueden aplicar, muestra la relación entre la información y el flujo de materiales.

El último paso en la realización de un VSM es desarrollar un plan de implementación para el establecimiento del estado futuro que se definió. Este plan debe incluir paso a paso las actividades a realizar para la implementación: objetivos medibles y puntos de control para medir el progreso. Hay diversos factores que pueden determinar la velocidad del plan, principalmente los recursos que se tienen disponibles y el financiamiento. El plan puede tomar meses o años en completarse, e incluso, puede presentarse la necesidad de mejorarlo una vez comenzado.

2.3 Metodología six sigma

Como se mencionó anteriormente, la competencia entre las empresas es cada vez más fuerte, existe mucha presión durante el desarrollo del producto, la manufactura y en el hecho de que las empresas se deben convertir en organizaciones mucho más productivas y eficientes.

Las empresas necesitan crear bienes y servicios con mucha más innovación y en menos tiempo, por esto las empresas de manufactura se están enfocando en mejorar la calidad, disminuir los costos y aumentar los volúmenes de producción con menos recursos. Para el caso de las empresas de servicio, es necesario disminuir los tiempos de ciclo, así como incrementar la satisfacción del cliente.

El término six sigma originalmente estaba enfocado a la calidad, dicho término surgió de una iniciativa para disminuir defectos de calidad. El término sigma (σ) es una letra griega utilizada para describir la variabilidad, en el que una de las mediciones comúnmente realizadas son los defectos por unidad. La calidad sigma ofrece un indicador de cuantos errores se espera que ocurran en un proceso, un nivel alto de sigma significa que es menos probable que se presenten dichos errores (Forrest, 2003).

Bill Smith es considerado el padre de six sigma, ya que fue quien diseñó las bases y las fórmulas estadísticas que dieron inicio a la cultura six sigma, misma que comenzó en la compañía en la que trabajaba: Motorola. El resultado de esta metodología fue una cultura de calidad que llevó a Motorola a un periodo de crecimiento y ventas sin precedentes.

Para que six sigma se convierta en una estrategia de negocios exitosa, necesita tener un buen soporte en la dirección del proyecto y una estructura organizacional efectiva. Six sigma necesita convertirse en un sistema de gestión de procesos empresariales con las siguientes características:

- Entender y direccionar los componentes y límites de los procesos
- Identificar efectivamente a los dueños de los procesos, clientes internos y externos, y otros interesados
- Crear un ambiente para la gestión de proyectos efectivos en dónde se maximicen los alcances del proyecto
- Establecer medidas del proyecto que incluyan indicadores clave con la documentación apropiada

La principal herramienta de la metodología six sigma, es el uso del método DMAIC, dicha herramienta es utilizada para la implementación de los proyectos de mejora continua.

La metodología DMAIC es una herramienta utilizada para la implementación de proyectos six sigma donde el principal objetivo es disminuir la variación de los procesos, para aumentar la calidad y la satisfacción del cliente.

Esta metodología es reconocida internacionalmente y consiste en cinco pasos que son necesarios para definir y mejorar probadamente los procesos, productos y servicios (Molteni, 2005). Así mismo, se puede definir DMAIC como un método para la resolución de problemas, en donde uno de los principales beneficios es que obliga a la gente a realizar una evaluación cuidadosa de las soluciones propuestas (Allen, 2006).

Durante la aplicación de los pasos de esta metodología se utilizan diferentes técnicas, que tienen como propósito hacer una relación causa-efecto entre las entradas del proceso y las actividades que se realizan en él para la satisfacción del cliente.

Cuando se aplica la metodología DMAIC, lo más importante es considerar simultáneamente al cliente y el uso de los recursos, lo que se puede traducir en ser simultáneamente eficaz y eficiente.

La aplicación del método DMAIC requiere cierta preparación para la iniciación del proyecto, esta preparación cubre entre otros aspectos:

1. Seleccionar el proyecto
2. Conformar el equipo
 - 2.1 Pensar quienes deberían estar
 - 2.2 Definir quiénes deben estar
 - 2.3 Exponer los objetivos del equipo
 - 2.4 Definir los roles
3. Crear la asignación del proyecto
4. Definir la metodología DMAIC

A continuación se explica detalladamente cada uno de los pasos de la metodología DMAIC.

2.3.1 Definir

Es la primera etapa de la metodología y durante ella se responden preguntas como ¿Quién es el responsable? y ¿Cuándo se va a realizar el proyecto? La mayoría de las veces también se define una justificación en los costos al final de esta etapa. Se definen los objetivos del proyecto y se obtiene una primera idea integral del proceso bajo análisis, así mismo, es la etapa en donde se definen y se entienden los requerimientos críticos del cliente.

Entre algunos de los datos sobre los cuales debe trabajar el equipo durante esta etapa se encuentra: el alcance del proceso, actividades y recursos comprometidos, los requerimientos del proceso y la identificación clara de sus proveedores, características de productos o servicios entregados y generados por el proceso a lo largo del mismo.

Existe información vital que debe ser tomada en cuenta durante esta etapa de definición, y que está enfocada básicamente en la satisfacción del cliente. Conocer sus expectativas, necesidades, comentarios, quejas, sugerencias y reclamos es importante para poder definir los atributos que influyen sobre el deseo del cliente de comprar el producto o servicio.

Existen ciertos puntos que pueden servir como guía para la realización de esta etapa, estos puntos son:

1. Revisar el problema u oportunidad
2. Identificar a los clientes
3. Identificar y definir los atributos del producto o servicio, que influyen en la aceptación del cliente
4. Mapear el proceso
5. Identificar los indicadores que necesitan una mejora
6. Desarrollar la estrategia de abordaje
7. Refinar el objetivo y alcance del proyecto

Durante esta etapa se sugiere especificar de la manera más clara posible y respaldar con datos la definición del problema o de la oportunidad. Así mismo, asegurarse que el equipo ha entendido la intención y objetivo del proyecto para avanzar del global al detalle cuando sea necesario, pero sin acelerar al equipo para no pasar por alto ningún paso.

2.3.2 Medir

Durante la etapa de medición se evalúa el estado actual del sistema, esta evaluación se realiza antes de realizar los cambios y se hace a través de indicadores clave de la salida del sistema. Esta etapa permite identificar el nivel de desempeño actual del proceso y las mediciones desde la perspectiva del cliente.

Para poder realizar las mediciones, se deben identificar las variables de salida principales del proceso y las variables de entrada, se recolectan datos y se calcula el nivel de desempeño inicial.

Una vez identificados los indicadores críticos, se evalúan para saber si se encuentran dentro o fuera de control.

Es recomendable antes de evaluar el sistema o proceso directamente, evaluar primero el método y el equipo que se va a utilizar para la medición. Así mismo es importante observar primero, y después medir.

Lo que se realiza durante esta etapa es la evaluación de la capacidad del o los procesos, y la secuencia de pasos o tareas sugeridas a seguir para completar esta etapa son:

1. Crear el mapa detallado del proceso
2. Seleccionar que variables medir
3. Recolectar los datos
4. Determinar el desempeño del proceso
5. Refinar la descripción del problema u oportunidad

Algunas de las preguntas que se responden durante esta etapa son: ¿Cuál es la extensión del problema o de la oportunidad? y ¿Cuáles son los indicadores que permitirán acotar el problema o la oportunidad, a sus componentes principales o causas raíz?

Mientras más detallada sea la información en esta etapa, se tendrá una mayor claridad para entrar a la siguiente etapa que es el análisis.

2.3.3 Analizar

La etapa de análisis incluye el establecimiento de la relación causa y efecto, entre las entradas y salidas del sistema, es la comprensión de los factores que inciden significativamente en la satisfacción del cliente.

El análisis es una etapa en dónde los datos recabados se transforman en información, para conocer las verdaderas causas del problema o de variación, esto principalmente para conocer el origen de costos innecesarios, así como las fuentes de mejora.

A continuación se enlistan las tareas que se sugieren para el cumplimiento de esta etapa:

1. Confirmar la estrategia de análisis
2. Identificar causas raíces o fuentes de variación
3. Identificar el desperdicio (que no agregan valor al producto o servicio)
4. Integrar las conclusiones

5. Establecer objetivos operativos de mejora

Generalmente durante esta etapa se desarrollan herramientas visuales para la toma de decisiones, los métodos que se utilizan comúnmente para realizar el análisis son: el mapeo de procesos, generación de matrices de causa y efecto, y el diseño de experimentos.

Hay ciertas técnicas estadísticas que se utilizan para determinar las variables que más inciden en el resultado sin necesidad de realizar la “prueba y error”, ya que las acciones de mejora deben resultar de hallazgos de un análisis de comparación o de un diseño de experimentos.

El equipo debe analizar las tareas y actividades del proceso, para determinar el grado de valor agregado de cada una de ellas, con toda la información en la siguiente etapa se diseñarán las mejoras a introducir en el proceso.

2.3.4 Mejorar

El objetivo principal de esta etapa es instrumentar las mejoras al proceso. Se usa la información recabada en las etapas anteriores para modificar las entradas y mejorarlas, para así mejorar el sistema o proceso.

En esta etapa se toman decisiones con la ayuda de preguntas como: ¿Qué posibles soluciones o ideas se pueden encontrar para eliminar la causa raíz y alcanzar el objetivo? ¿Cuáles de las ideas construyen una solución potencial? ¿Cuál de las potenciales soluciones es la mejor para alcanzar el objetivo? y ¿Cómo se planifica la implementación?

Durante la etapa de mejora se realizan experimentos para identificar los cambios a generar en las variables críticas, es decir, las que generan demoras, errores y mayores costos. Se determina un modelo matemático del funcionamiento futuro del proceso, y también se desarrollan pruebas pilotos para asegurar la mejora u optimización del funcionamiento y poder verificar la nueva capacidad del proceso.

Como en las etapas anteriores, existen ciertos pasos que se sugiere que se realicen para poder desarrollar esta etapa:

1. Determinar los niveles adecuados para cada entrada
2. Diseñar potenciales soluciones
3. Seleccionar la solución
4. Refinar la solución
5. Verificar con el plan piloto
6. Implementar

Algunas de las técnicas más utilizadas durante esta etapa son: el análisis de la capacidad del proceso, ANOVA, benchmarking, el control estadístico del proceso, diagrama de Ishikawa, gráfico de Pareto, histogramas y lluvia de ideas.

Hay ciertas sugerencias que pueden servir para un mejor desarrollo de esta etapa, lo mejor es buscar soluciones innovadoras; sin perder de vista los objetivos. Así mismo, medir y evaluar las mejoras, seleccionar y aplicar objetivamente los criterios para definir la solución.

2.3.5 Controlar

Durante la etapa de control, se verifican las mejoras para asegurar que se haya cumplido con los objetivos y que sean sostenidas en el tiempo; es una interpretación de las mejoras instaladas.

El principal objetivo durante esta etapa es la reducción de oportunidades de que se produzcan desvíos en el desempeño del proceso, producto o servicio mejorado. Los paradigmas, hábitos y costumbres de quienes operan, llevan a una persistente tendencia a operar como antes.

La única forma de asegurarse que la cultura y la operación no regresen a ser como antes, es controlando y accionando ante desvíos. Debido a esto, el control debe llevar a anticipar potenciales problemas o desvíos, y actuar rápidamente si aparecieran.

Se puede decir que la etapa de control, es para sostener y mantener las mejoras a lo largo del tiempo. Así mismo se sugieren ciertas actividades para el cumplimiento de esta etapa:

1. Verificar la nueva capacidad y las mejoras
2. Transferir el proceso de operación
3. Monitorear el proceso y los indicadores
4. Cerrar el proyecto

2.4 Pruebas de hipótesis

Una de las herramientas que se utilizan en la metodología six sigma son las pruebas de hipótesis, que son de utilidad para hacer comparación entre grupos de datos y a hacer inferencias estadísticas para una toma de decisiones bien fundamentada cuando se tiene un problema.

Muchos problemas requieren decidir si se acepta o se rechaza un enunciado acerca de algún parámetro. El enunciado suele llamarse hipótesis y el procedimiento de toma de decisiones en torno a la hipótesis recibe el nombre de prueba de hipótesis (Montgomery, 1996).

Para este trabajo de investigación se realizaron algunas pruebas de hipótesis con los datos obtenidos, con el objetivo de determinar si la situación experimental ha cambiado. Para este caso se revisarán los cambios en la productividad de los procesos, una vez aplicadas las mejoras propuestas.

Los procedimientos de la prueba de hipótesis dependen de la información que se tenga de la población, es decir, de la muestra que se haya obtenido de la población que se quiere analizar. Si dicha información es consistente con la hipótesis planteada, entonces se concluye que la hipótesis es verdadera; sin embargo, si esta información es inconsistente con la hipótesis, se concluye que ésta es falsa.

Para probar una hipótesis se debe tomar una muestra al azar, calcular una estadística de prueba apropiada a partir de los datos de la muestra, y después utilizar la información contenida en esta estadística de prueba para tomar una decisión. Existen diferentes tipos de pruebas de hipótesis, para este caso de estudio se considerarán tres tipos diferentes, pruebas de igualdad de varianzas, pruebas de igualdad de medias con varianzas conocidas y pruebas de igualdad de medias para varianzas desconocidas.

2.4.1 Pruebas de hipótesis de igualdad de varianzas

Hay ocasiones en las que se necesitan pruebas relativas a la varianza o la desviación estándar de una población, para este caso de estudio se necesita saber si la variabilidad en los procesos cambió con las mejoras implementadas, por lo que en este apartado se presentará como se realiza un prueba de hipótesis para varianzas desconocidas.

Supóngase que son dos las poblaciones de interés, por ejemplo $X_1 \sim N(\mu_1, \sigma_1^2)$ y $X_2 \sim N(\mu_2, \sigma_2^2)$ donde μ_1, σ_1^2, μ_2 y σ_2^2 se desconocen. Se desea probar hipótesis relativas a la igualdad de las dos varianzas (H_0). Considérese que se disponen de dos muestras aleatorias de tamaño n_1 de la población 1 y de tamaño n_2 de la población 2, y sean S_1^2 y S_2^2 las varianzas de muestra. Para probar la alternativa:

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_1 : \sigma_1^2 > \sigma_2^2$$

Se utiliza el hecho de que la estadística

$$F_0 = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

Se distribuye como F, con $n_1 - 1$ y $n_2 - 1$ grados de libertad si la hipótesis nula es verdadera.

Se espera que el valor de F_0 sea lo más cercano posible a 1 cuando ambas varianzas son iguales. Si se denota con S_1^2 la varianza de la población que puede tener la varianza más grande, el valor de F_0 siempre será mayor a 1, y se rechaza H_0 si:

$$F_0 > F_{\alpha/2, n_1 - 1, n_2 - 1}$$

Donde $F_{\alpha/2, n_1 - 1, n_2 - 1}$ es valor correspondiente al porcentaje $\alpha/2$ superior de la distribución F con $n_1 - 1$ y $n_2 - 1$ grados de libertad.

2.4.2 Pruebas de hipótesis de igualdad de medias con varianzas conocidas

Supóngase que hay dos poblaciones de interés X_1 y X_2 , se supone que X_1 tiene media desconocida μ_1 y varianza conocida σ_1^2 y que X_2 tiene media desconocida μ_2 y varianza conocida σ_2^2 . Se tiene interés en la prueba de la hipótesis de que las medias μ_1 y μ_2 sean iguales.

Se considera que las variables aleatorias X_1 y X_2 se distribuyen normalmente o que si no lo hacen de esa forma se aplican las condiciones del teorema central del límite. Se considera primero la hipótesis alternativa de dos lados:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

Dónde:

H_0 = Hipótesis nula

H_1 = Hipótesis alternativa.

μ_1 = media de la población 1

μ_2 = media de la población 2

El procedimiento para probar $H_0: \mu_1 = \mu_2$ es calcular la estadística de prueba Z_0 mediante la siguiente fórmula:

$$Z_0 = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$$

Dónde:

\bar{X}_1 = media de la muestra 1

\bar{X}_2 = media de la muestra 2

σ_1^2 = varianza de la población 1

σ_2^2 = varianza de la población 2

n_1 = tamaño de la muestra 1

n_2 = tamaño de la muestra 2

La hipótesis nula H_0 se rechaza si:

$$Z_0 > Z_{\alpha/2} \quad \text{ó} \quad Z_0 < -Z_{\alpha/2}$$

Dónde:

Z_0 = Valor calculado del estadístico de prueba

$Z_{\alpha/2}$ = Valor obtenido de las tablas.

Para hacer pruebas con hipótesis alternativas de un lado, el análisis es de manera similar, para probar:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 > \mu_2$$

Se calcula la estadística de prueba Z_0 y se rechaza $H_0: \mu_1 = \mu_2$ si $Z_0 > Z_\alpha$

Así mismo, se puede probar la otra opción de hipótesis alternativa de un lado, dónde:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 < \mu_2$$

Se utiliza la estadística de prueba Z_0 y se rechaza $H_0: \mu_1 = \mu_2$ si

$$Z_0 > -Z_\alpha$$

2.4.3 Pruebas de hipótesis de igualdad de medias con varianzas desconocidas

Se considerarán ahora pruebas de hipótesis respecto a la igualdad de las medias μ_1 y μ_2 de dos distribuciones normales donde no se conocen las varianzas σ_1^2 y σ_2^2 . Se empleará una estadística t para probar estas hipótesis. Como se mencionó en la sección anterior, se requiere la suposición de normalidad para desarrollar el procedimiento de prueba, pero las desviaciones moderadas de la normalidad no afectan de manera adversa al procedimiento.

Hay dos soluciones diferentes que deben tratarse: en el primer caso se supone que las varianzas de las dos distribuciones normales no se conocen pero son iguales, esto es $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma^2$. En el segundo caso, se supone que las varianzas se desconocen y además no son necesariamente iguales.

Caso 1 varianzas iguales

Sean X_1 y X_2 dos poblaciones normales independientes con medias desconocidas μ_1 y μ_2 , y varianzas conocidas pero iguales $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$. Se desea probar:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

Supóngase que X_1 y X_2 son muestras aleatorias de n_1 y n_2 observaciones, se tiene que $\bar{X}_1, \bar{X}_2, S_1^2, S_2^2$ son las medias y las varianzas de las muestras, respectivamente. Puesto que, tanto S_1^2 como S_2^2 estiman la varianza común σ^2 , se pueden combinar para producir una sola estimación, mediante la siguiente fórmula:

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

Para probar $H_0: \mu_1 = \mu_2$ se debe calcular la estadística de prueba t_0

$$t_0 = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

Si $H_0: \mu_1 = \mu_2$ es verdadera, t_0 se distribuye como $t_{n_1+n_2-2}$. En consecuencia, si

$$t_0 > t_{\alpha/2, n_1+n_2-2}$$

ó si

$$t_0 < -t_{\alpha/2, n_1+n_2-2}$$

Se rechaza $H_0: \mu_1 = \mu_2$

Las alternativas de un lado se tratan de modo similar, para probar:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 > \mu_2$$

Se calcula la estadística de prueba t_0 y se rechaza $H_0: \mu_1 = \mu_2$ si:

$$t_0 > t_{\alpha, n_1+n_2-2}$$

Para la otra alternativa de un lado se tiene el siguiente planteamiento

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 < \mu_2$$

Por lo que se calcula la estadística de prueba t_0 y recházese $H_0: \mu_1 = \mu_2$ si:

$$t_0 < -t_{\alpha, n_1+n_2-2}$$

Caso 2 varianzas diferentes

En algunas situaciones no se puede suponer razonablemente que las varianzas desconocidas σ_1^2 y σ_2^2 son iguales. Para probar la hipótesis nula $H_0: \mu_1 = \mu_2$ se usa la siguiente estadística:

$$t_0 = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

Dicha estadística se distribuye aproximadamente como t con grados de libertad dados por:

$$v = \frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2} \right)^2}{\frac{(S_1^2/n_1)^2}{n_1 + 1} + \frac{(S_2^2/n_2)^2}{n_2 + 1}} - 2$$

El procedimiento para llevar a cabo la prueba de hipótesis es el mismo que el caso 1 para varianzas iguales, excepto que se emplea el cálculo anterior para t_0 como estadística de prueba y $n_1 + n_2 - 2$ se sustituye por v en la determinación de los grados de libertad para la prueba.

La prueba de t presentada en este apartado a menudo se denomina como prueba de t mezclada, debido a que las varianzas de muestra se combinan o mezclan para estimar la varianza común. Se conoce también como la prueba de t independiente, porque se supone que las dos distribuciones normales son independientes (Montgomery, 1996).

Para este caso de estudio, se utilizarán las pruebas de hipótesis para varianzas y las pruebas para comparar las medias de las dos muestras, considerando varianzas diferentes y desconocidas.

2.5 Definición y características de un almacén

Se define almacén como un lugar especialmente estructurado y planificado para custodiar, proteger y controlar los bienes de activo fijo o variable de la empresa, antes de ser requeridos para la administración, la producción o la venta de artículos o mercancías (García, 1995).

Derivado del almacén se produce la acción de almacenaje, la cual se refiere a la selección de las actividades del proceso productivo orientadas a la situación, ordenamiento, protección y expedición de los materiales (Fernández, 1968), cabe destacar que este proceso abarca desde la recepción, hasta su salida para el cliente como producto terminado. Es importante mencionar también que la selección de estas actividades debe ser debidamente ordenada y expresada, tanto en su contenido, como sucesión y correlaciones entre las acciones, ya que esto define su proceso de almacenaje.

Dentro de un almacén se puede clasificar y agrupar los tipos de materiales similares, por lo cual es necesario indagar en sus características, ya que la mayoría de las veces conviene separar las distintas mercancías en áreas especiales, según convenga. Algunos ejemplos de clasificación son:

1. Por sus características
2. Por las condiciones del lugar

3. Por línea de producto
4. Por frecuencia de uso
5. Por su peso
6. Por tipo de envase

Comúnmente un almacén tiene tres áreas principales, que se toman como base desde su planeación:

- Recepción
- Almacenamiento
- Entrega

El tamaño y distribución de estas áreas depende del volumen de operación y de la organización de cada empresa en lo particular, estas pueden estar completamente separadas e independientes unas de otras o dentro de una sola área la cual basta con tener señalizaciones para cada área.

2.6 Ventas por internet

La introducción de tecnologías de la información y de las comunicaciones (TIC) en la empresa, y en la sociedad en general, está influyendo de forma significativa en el entorno competitivo actual. Hoy en día las empresas pueden competir en dos mundos complementarios: un mundo real de recursos que se pueden ver y tocar - mercado físico - y un mundo virtual en el que los bienes y servicios adoptan la forma de información digital – mercado digital- y se pueden prestar a través de los canales de comunicación electrónicos, uno de ellos el internet.

Internet se puede definir como un sistema de redes interconectadas, cuya finalidad es permitir el intercambio libre de información entre todos sus usuarios, es un medio de comunicación, interacción y de organización social que a pesar de ser tan reciente (1994 a partir de la aparición de un browser) ha ido creciendo. Internet ha pasado de ser una herramienta utilizada inicialmente por militares y posteriormente por universitarios, a convertirse en un medio más de comunicación al alcance de la mayoría de la población de los países desarrollados, llegando a una tasa de ocupación está en torno al 75% y 80% (Castells, 2000).

La geografía de los usuarios hoy en día se sigue concentrando en el mundo desarrollado, pero las tasas de crecimiento en todas partes del mundo están incrementando, incluso las de los países subdesarrollados.

De esta red en la que todos quieren estar presentes, ha surgido una herramienta al servicio del comercio que permite informar, publicitar, vender, cobrar, dar servicio, e incluso

distribuir a través de un único medio y a un costo bajo en comparación con otros medios. Una de las ventajas de este medio es que se tiene acceso a una gran parte de la población.

Se puede hablar de una estrecha relación entre el internet y la nueva economía, dicha economía no es la de las empresas que producen y diseñan internet, sino las empresas que trabajan y funcionan a través del internet. Aunque el desarrollo de los usos del internet comenzó primero en las empresas de alta tecnología y empresas de creación de equipo de internet y de programas de software, a partir de este desarrollo se está difundiendo en todo tipo de empresas, creando un nuevo modelo de organización empresarial: el comercio electrónico.

El comercio electrónico es también llamado bussines to consumers, y solamente representa el 20% del total de las transacciones electrónicas comerciales en internet, el otro 80% está representado por las transacciones de empresa a empresa para relaciones comerciales, es decir, que casi todo el trabajo interior de la empresa, de relación con los proveedores y de relación con los clientes, se está realizando por la red.

Con el paso del tiempo, ha surgido lo que se conoce como puntos de encuentro en internet, a los que el usuario acude en busca de información específica. Una vez que se sabe de la existencia de una dirección de la web donde se puede encontrar la información que se desea, se dirige directamente a ella, sin acudir de nuevo a los puntos de encuentro, esto generó la aparición de grandes servidores especializados en diferentes tipos de producto: música, deportes, servicios por internet, etc. Dichos servidores se conocen como centros comerciales virtuales que agrupan en un mismo entorno a varias tiendas.

Los centros comerciales se caracterizan por actuar como medio de lanzamiento de numerosas tiendas individuales, dichos centros provistos de una identidad propia, transmiten al potencial cliente la seguridad y confianza que posibilitan la compra. Tomando en cuenta esto y agregando el crecimiento de las tasas de ocupación de internet en todo el mundo, se puede decir que las ventas por internet tienen grandes posibilidades de posicionarse como un comercio exitoso además de rentable, debido a la disminución de costos de venta.

En el siguiente capítulo se mostrará la forma en la que cada una de las herramientas citadas en el presente capítulo se puede aplicar en una empresa, para este caso, una empresa de giro logístico.

3.0 Caso de estudio: metodología y resultados

Como se mencionó en el capítulo anterior, una empresa dedicada a la industria del servicio busca en cada una de sus actividades la satisfacción de sus clientes, para que cada uno de ellos decida continuar solicitando éste servicio y no irse con la competencia.

Este caso de estudio comenzó con un enfoque hacia la satisfacción del cliente, la problemática a la que se enfrenta el almacén bajo estudio está definida por un requerimiento en donde solicitó que su producto disminuyera el tiempo que pasa siendo trabajado dentro del almacén, debido al incremento en sus ventas es necesario disminuir ese tiempo para cumplir con todas las entregas a tiempo.

Para resolver esta problemática, en el caso de estudio se utilizó la metodología DMAIC, dicha metodología fue descrita en el capítulo anterior y a continuación se presentan las actividades realizadas para este proyecto, y los resultados obtenidos.

1. Definición del problema
 - 1.1 Descripción de la operación del almacén
 - 1.2 Mapeo de los procesos del almacén
2. Medición y diagnóstico de la situación actual
 - 2.1 Medición de las productividades
 - 2.2 Detección de las áreas de oportunidad y los desperdicios en el proceso
3. Análisis de las áreas de oportunidad y desperdicios, y sus posibles causas
4. Mejora a los procedimientos
 - 4.1 Presentación de posibles soluciones
 - 4.2 Definición de las implementaciones a realizar
5. Validación y control del desempeño de las mejoras aplicadas

3.1 Etapa de definición

En un almacén de una empresa dedicada a la logística, se detectó que el incremento de volumen de la mercancía que el cliente envía para ser trabajada ha crecido constantemente a un ritmo acelerado sin dar tiempo a la operación a que se pueda adaptar a estas condiciones. Así mismo la falta de espacio, equipo y herramientas necesarias, aunado a una deficiente o nula definición de los procesos y una falta de estandarización, impactan directamente en la productividad de los empleados disminuyéndola, lo que a su vez también provoca que el tiempo de almacenaje del producto sea más prolongado de lo previsto.

3.1.1 Descripción del almacén bajo estudio

Es importante conocer a detalle diferentes características del almacén, como el tipo de producto que se maneja, las diferentes áreas que se tienen y el espacio, la plantilla que se tiene y algunos aspectos de infraestructura con las que cuenta el almacén; dicha información es importante ya que en la etapa de mejora se deben considerar todas estas características para proponer y aplicar mejoras que sean realmente funcionales para la operación.

El almacén cuenta con un total de 880 m², espacio que se divide en cuatro áreas diferentes: el área de cross dock, consigna, logística inversa y el área de oficinas. En el almacén se cuenta con los servicios de luz eléctrica, internet y teléfono, se cuenta con una plantilla total de cuarenta y ocho personas que se dividen en empleados de bodega, coordinadores de operación y cuenta, supervisores de operación y el gerente de operación del almacén.

Para el almacén bajo estudio, la clasificación de la mercancía se realiza por línea de producto, ya que facilita su manejo y del tipo de producto, depende la forma en que se realizan los procesos. Es importante definir cada una de estas líneas de producto, ya que a pesar de que es el mismo proceso para toda la mercancía, ciertas acciones pueden tener variaciones dependiendo del tipo de producto que se esté manejando.

El tipo de producto que ingresa al almacén es muy variado tanto en tamaño como en material. El producto ingresa para su separación, surtido y embarcado para cada uno de los clientes finales. Se tiene un promedio total de 3500 pedidos al día y un objetivo de cuatro días por campaña, es decir una vez que ingresa el producto, no puede permanecer ahí por más de cuatro días, dicho objetivo no se está cumpliendo ya que se tiene un promedio de cinco días ya que se toma en cuenta el producto que está en el área de consigna.

La clasificación por línea de producto es la siguiente:

- Textil: En dónde se clasifica a todo el producto que se refiere a prendas de vestir como lo son blusas, pantalones, chamarras, etc. ropa tanto para dama, caballero y niños.
- Calzado: En este apartado se clasifica a todos los zapatos, tenis, botas o zapatillas que ingresan ya sea para dama, caballero o niños.
- Accesorios: Este apartado es mucho más variado que los dos anteriores, ya que en él se engloba a los diferentes productos que no se consideran calzado o textil y que son de tamaño mediano a chico como lo pueden ser perfumes, relojes, accesorios de mujer, plumas, tazas, etc.
- Volumen: Se considera producto de volumen a toda la mercancía que llega que tiene un mayor tamaño y por lo cual no se puede colocar en los anaqueles, en este apartado se pueden encontrar edredones, vajillas, colchas, juegos de sartenes, etc.

Las cuatro clasificaciones mencionadas, son las que se ocupan principalmente para efectos de análisis, ya que para efectuar los procesos o para ingresar el producto no se tienen áreas definidas o anaqueles dedicados por tipo de producto, a excepción del área de volumen debido a las dimensiones que puede llegar a ocupar este tipo de mercancía.

3.1.2 Distribución actual del almacén

La distribución del almacén puede tener un alto impacto en el resultado que se está obteniendo, ya que de un mal diseño de planta se pueden derivar desperdicios, principalmente desperdicios de transporte, movimiento y retrabajos, los cuales se pueden traducir en tiempo y costos para la operación. Es por esto que para este trabajo de investigación, es importante conocer la distribución de todas las áreas, ya que dicha distribución puede ser una de las causas de los problemas que se llegaron a detectar, así mismo para tomar en cuenta esta distribución para las futuras mejoras que decidan implementar.

La distribución del almacén bajo estudio se distingue por cuatro áreas principales: cross dock, consigna, logística inversa y el área de oficinas, las cuales se pueden observar en la figura 2.1 (distribución actual del almacén en estudio). Dentro de éstas cuatro áreas se cubren las tres comúnmente establecidas y mencionadas en el segundo capítulo: recepción, almacenamiento y entrega.

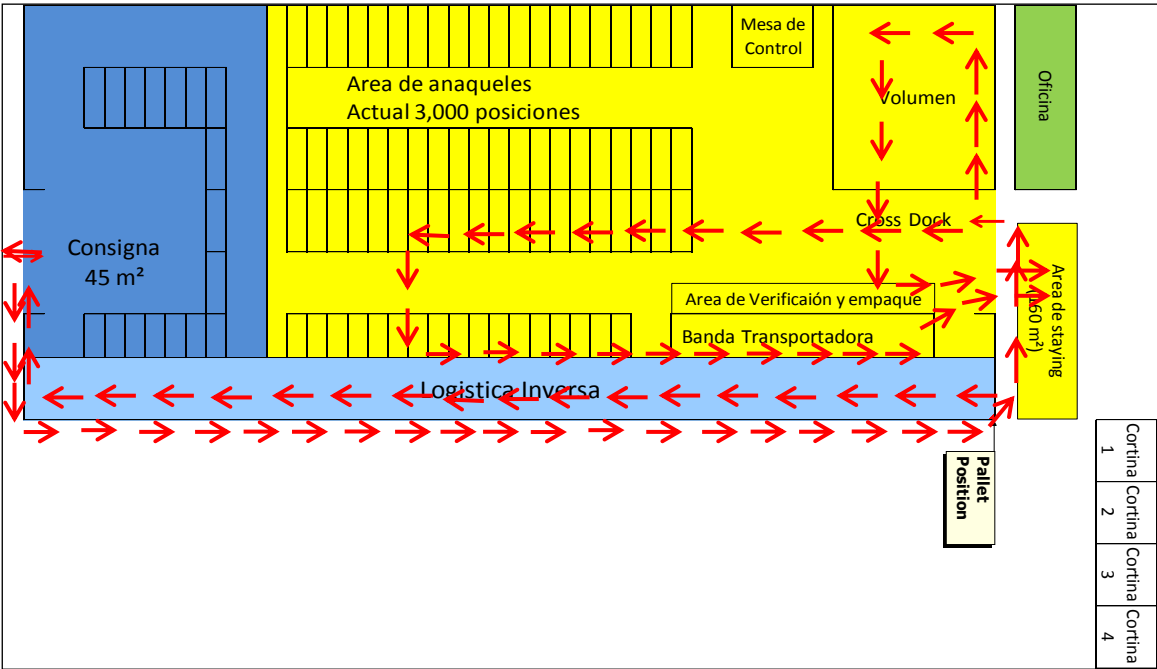


Imagen 2.1 Distribución actual del almacén bajo estudio

A continuación, se describe cada una de las áreas del almacén indicadas en la distribución, para tener un panorama general de las actividades que realizan en cada una de ellas.

El área de *cross dock* es el área en dónde se realizan todas las operaciones para que un pedido pueda ser enviado al cliente final, es decir, las áreas que el producto recorre desde que entra al almacén hasta que es embarcado.

El área de cross dock a su vez se divide en diferentes áreas o estaciones de trabajo, la primera es el “área de staying”, en esta parte del almacén es dónde se coloca el producto cuando se recibe del proveedor y también se coloca el producto que ya está listo para ser embarcado, se puede decir que es el área dónde el producto espera para ser trabajado.

Así mismo, el área de cross dock tiene un área determinada como “volumen”, que es el lugar designado para colocar el producto de grandes dimensiones para poder surtirlo posteriormente.

El producto que se va a surtir por pedido esta enlistado en una orden de surtido, y es en el área definida como “mesa de control” en dónde se separa cada una de éstas órdenes por número de línea (número de productos en la orden de surtido) y se asigna a las personas que realizarán el surtido.

El área que se identifica como área de anaqueles, es dónde se coloca el producto una vez que se recibe del proveedor, esta área cuenta con un total de 3000 ubicaciones para el extendido (acomodo) del producto.

Por último se tiene el área de verificación y empaque, que es el área en dónde se verifica que cada uno de los pedidos este correctamente surtido como lo indica la orden; una vez validado que es el producto correcto, se empaqueta el pedido y se coloca la etiqueta de embarque. Esta área cuenta con una banda transportadora que lleva los pedidos empacados hasta el lugar en dónde se realizará el embalaje.

En el área identificada como *logística inversa* es dónde se trabaja todo el producto que no pudo ser embarcado, que sobró por algún error de surtido, o que ingreso al almacén como devolución por parte del cliente final. En esta área es dónde se clasifica todo este tipo de producto y dónde se trabaja dependiendo de los requerimientos del cliente del almacén.

Se tiene también un área que se utiliza para resguardar producto de alto valor y el cual se va a quedar por mucho más tiempo dentro del almacén antes de ser surtido, ésta área se

identifica como *consigna*, la cual tiene un total de 45 m² y cuenta solamente con una banda de rodillos en forma de “u” que se utiliza como mesa para trabajar todo el producto que ingresa.

La última de las cuatro áreas definidas es el área de *oficina*, en dónde se realizan todas las actividades para que se pueda ingresar, trabajar y embarcar el producto dentro del almacén; es decir la impresión de las ordenes de surtido, la recepción y envío de información al cliente, el cálculo de indicadores, etc.

3.2 Mapeo de los procesos del almacén

El principal objetivo que tiene la metodología six sigma, descrita en el segundo capítulo, es la eliminación de la variación en los procesos, dicha variación es presentada por una falta de estandarización que a su vez puede ser a causa de la falta de definición de procedimientos, como es el caso del almacén bajo estudio, ya que no existía ningún procedimiento definido

Para este trabajo de investigación, se realizó el mapeo de los procesos de las diferentes áreas del almacén, dicho mapeo fue realizado en su totalidad por la autora de este trabajo. Las principales actividades que se realizan dentro del almacén son: el recibo, extendido, surtido, verificación, empaque y embarque de productos, todos dependiendo del área en la que ingrese el producto. A continuación se describen detalladamente cada una de éstas actividades y se presentan los diferentes diagramas de flujo con el fin de visualizar de manera mucho más gráfica las áreas de oportunidad que existen en cada una de las áreas.

3.2.1 Cross dock

Para el área de cross dock se tienen los siguientes procesos:

- **Recibo.** El proceso de recibo comienza cuando el cliente envía al almacén la información del producto que va a ingresar y el coordinador genera un orden de entrada, para que pueda ingresar el producto a las instalaciones.
El transporte llega con el producto que se va a ingresar y se coloca en alguna de las cortinas para su descarga. Empleados de bodega realizan la descarga del producto colocando las cajas en tarimas, realizan una inspección visual y un conteo del producto que están recibiendo, para el caso de producto textil y calzado, el conteo se hace por

caja, y en el caso de accesorios de alto valor el recibo se hace por pieza y la verificación es mucho más detallada.

Una vez descargado todo el producto, el o los empleados que realizaron la descarga anotan toda la información en un formato de recibo: número de piezas o de cajas, sí se detectaron daños en el producto o si hubo algún faltante, en estos casos el supervisor realiza el proceso de notificación de daños al cliente, de no ser así se sigue con el proceso normal el cual continúa con la colocación de película plástica al producto, colocación de papeleta de identificación y se colocan las tarimas en el área de staying.

- **Extendido.** Se le conoce al proceso de extendido como la acción de asignar una ubicación al producto, para que después los surtidores puedan identificar fácilmente el producto.

Este proceso comienza cuando el supervisor asigna a dos empleados de bodega (no pueden ser más) para el extendido del producto y les entrega la orden de entrada que se generó en el proceso anterior (recibo), para que puedan realizar una comparación contra lo físico.

Uno de los empleados de bodega va abriendo las cajas y separando el producto por modelo, talla, y color dependiendo del tipo de producto, y le asigna una ubicación, la cual le dice en voz alta junto con el número de piezas que contó al otro empleado de bodega, quién es el encargado de confirmar que sean las piezas que indica el documento de recibo y anota cualquier faltante o sobrante, así como la ubicación que le asignó su compañero para que pueda ser ingresado al sistema.

Una vez que se terminó de dar ubicación a toda la mercancía, se entrega el documento de recibo al coordinador de cuenta para que ingrese las ubicaciones al sistema y se puedan generar las ordenes de surtido, dependiendo de las ventas que tuvo el cliente por internet.

- **Surtido.** Este proceso inicia con la recepción de las órdenes de surtido por parte del cliente, estas órdenes las recibe el coordinador de cuenta, quien las imprime y entrega al encargado de mesa de control. Así mismo, el coordinador de cuenta recibe las etiquetas de embarque, mismas que debe imprimir para entregarlas en mesa de control. El encargado de mesa de control se encarga de engrapar las órdenes de surtido con su correspondiente etiqueta de embarque y los separa por número de línea para después, hacer tantos de cincuenta órdenes de surtido con diferentes números de línea y distribuir lo más equitativo posible la carga de trabajo entre los surtidores.

El encargado de mesa de control, entrega los tantos de cincuenta órdenes a los empleados de bodega que van a surtir, ellos anotan el número de órdenes que están recibiendo para fines de medición de productividad.

Con las órdenes de salida, los empleados de bodega van a la ubicación que indica la orden y toman el producto confirmando visualmente que el código sea el mismo, lo colocan en una bolsa o caja dependiendo del tipo de producto y, sin cerrarlo, lo llevan a los carros de surtido que se encuentran al inicio de los anaqueles; cuando estos carros se encuentra completamente llenos los llevan al área de verificación y empaque.

Cuando terminan de surtir las órdenes que se les asignaron, informan al encargado de mesa de control para que les vuelva a asignar órdenes de surtido. El promedio de órdenes que surte cada empleado es de aproximadamente trescientos cincuenta al día.

- **Verificación y empaque.** Los empleados de bodega encargados de verificar, toman un pedido (bolsa o caja) del carro de surtido y lo abren para verificar que los códigos de cada producto coincidan con los indicados en la orden de surtido, de ser esto correcto cierran el empaque y colocan la etiqueta de embarque, que viene engrapada en la orden de surtido; de lo contrario, informan al auditor para que verifique que se envíe el producto correcto.

Una vez confirmado el pedido, se cierra el empaque y se coloca en la banda transportadora, para que el empleado de bodega que se encuentra al final de la banda realice el embalaje de pedidos y lo traslade al área de staying.

- **Embarque.** Una vez que llega el transporte encargado de la distribución de los pedidos, uno o dos empleados de bodega se encargan de trasladar los pedidos del área de staying hacia la cortina en la que van a ser embarcados, el empleado de bodega en conjunto con el transportista escanean cada una de las guías que se están embarcando. Cuando se terminan de embarcar todos los pedidos, descargan la información del escáner en la máquina del coordinador de operaciones, para tener un respaldo de la cantidad de pedidos que se embarcaron.

En el siguiente diagrama de flujo se observa más detalladamente la operación general en el área de cross dock (ver diagrama 4.1).

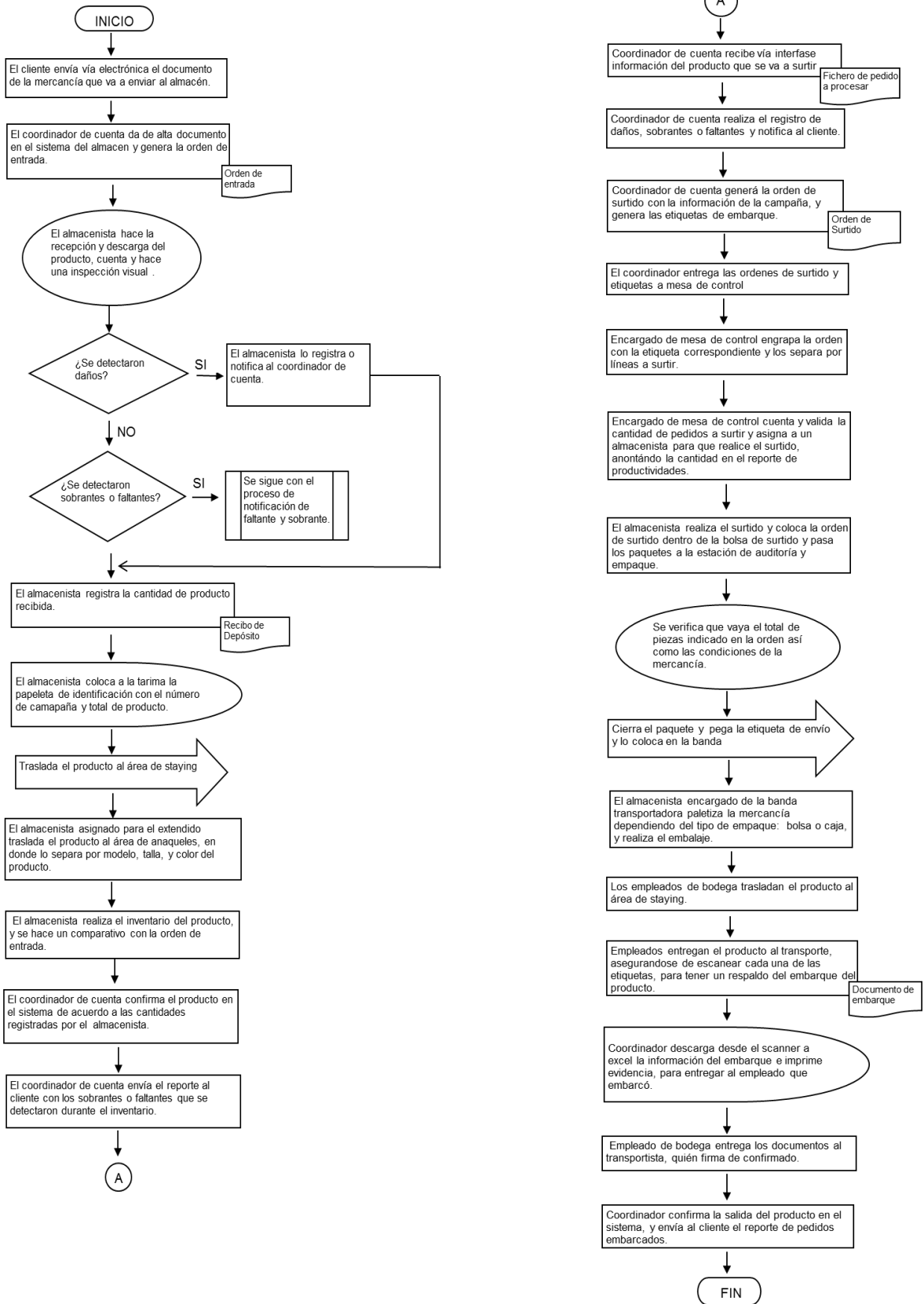


Diagrama 4.1 Diagrama de flujo de cross dock

Total de actividades para el proceso de cross dock: 29
Total de demoras para el proceso de cross dock: 2
Total de transportes para el proceso de cross dock: 2
Total de inspecciones para el proceso de cross dock: 2

3.2.2 Consigna

Para el área de consigna se tienen los siguientes procesos:

- **Recibo.** El cliente envía un relación de la cantidad de piezas que se van a recibir, así como la fecha y la hora en que llegará el transporte.

Cuando el transporte ingresa a las instalaciones, se informa al supervisor y se le asigna una cortina para la descarga del producto. Él o los transportistas que envía el proveedor, en conjunto con dos empleados de bodega, comienzan el conteo de la mercancía por caja y por número de piezas; hay un coordinador más, que se encarga de supervisar el conteo pero no participa en el proceso.

Entre un transportista y un empleado de bodega abren una caja y cuentan las piezas que contiene, el empleado de bodega lo anota en una hoja y le coloca a la caja con un plumón el número de piezas que contaron. Este proceso se repite para cada una de las cajas que trae el transportista; en promedio se reciben de siete mil a quince mil piezas, lo cual toma un tiempo aproximado de cuatro a cinco horas.

Cuando se termina el conteo se comparan las piezas anotadas por los empleados de bodega, con la relación que envió el cliente, si todas las cantidades cuadran el transportista firma la hoja y se retira de las instalaciones; de lo contrario, el coordinador informa al cliente que hubo diferencias y el transportista firma por la cantidad que contó físicamente.

- **Extendido e inventario.** Es la separación y acomodo del producto por modelo, talla, color dependiendo del tipo de producto. Una vez que los empleados de bodega encargados de consigna separaron el producto, se realiza el inventario comparando las cantidades contadas físicamente contra la información que envió el cliente y notifican cualquier diferencia.

Cuando se termina de realizar el inventario, el producto se guarda en cajas y se colocan números consecutivos a cada una de las cajas inventariadas, se anota la información para que se pueda ingresar al sistema y se realice el surtido posteriormente.

- **Surtido.** Se realiza cuando el cliente solicita que el producto se pase a cross dock; el coordinador de cuenta entrega una lista de las piezas a surtir a los empleados encargados de consigna.

Los empleados buscan la caja que indica la lista y surten en otra caja todas las piezas que se necesitan, repitiendo esto para cada caja que contiene producto. Una vez terminado el surtido, pasan el producto al área de cross dock donde continúan con su proceso normal.

Las piezas que sobraron se regresan al proveedor o se resguardan de nuevo en consigna dependiendo de las indicaciones del cliente.

- **Embarque.** Es el embarque del producto que se regresa a los proveedores; es decir el producto sobrante después de lo que se surtió y se envió a cross dock.

Los empleados de bodega entregan por pieza al transportista; se abre caja por caja y se cuenta el número de piezas que contienen, este conteo se hace en conjunto con el transportista, para que pueda firmar de conformidad al término del conteo. Una vez que se contaron todas las cajas, el transportista firma y se le envía esta información al cliente.

En el siguiente diagrama de flujo se observa más detalladamente la operación general en el área de consigna (ver diagrama 4.2).

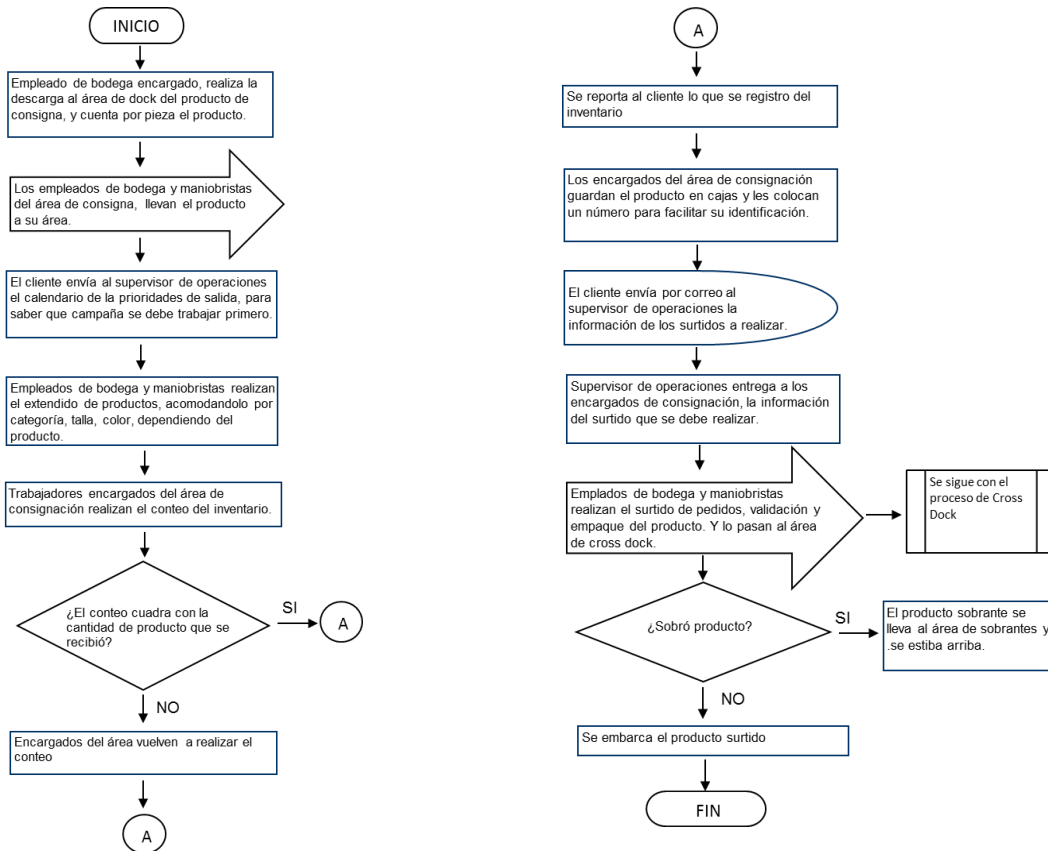


Diagrama 4.2. Diagrama de flujo del área de consigna

- Total de actividades del área de consigna: 16
- Total de demoras en el proceso de consigna: 1
- Total de transportes en el proceso de consigna: 2
- Total de inspecciones en el proceso de consigna: 0

3.2.3 Logística inversa

Logística inversa se divide en dos áreas principales: sobrantes y devoluciones, y sus procesos principales son:

- **Recibo.** El producto que llega a esta área, es producto que ya se encontraba en almacén; es decir, no se recibe nada en cortina a excepción de las devoluciones. Las causas por las que puede ingresar producto a esta área son: sobrante de producto del proveedor, sobrante por errores de surtido o extendido, fraudes por parte del cliente final o devoluciones del cliente final.

Los empleados que detectaron el sobrante, lo colocan en una caja con el nombre de la campaña, así como la causa de ingreso a logística inversa. En el caso de las devoluciones, el transportista entrega todos los paquetes que no lograron llegar al cliente final o que devolvieron porque hubo algún error. El empleado encargado del área coloca las cajas en el lugar correspondiente dependiendo a su clasificación.

- **Inventario.** El supervisor entrega una lista con el total de campañas trabajadas durante los dos días anteriores y el empleado de bodega registra de cada campaña los sobrantes que tuvo y las causas.

El encargado del área busca las cajas con el nombre de la campaña solicitada y revisa las condiciones del producto, lo registra en una relación anotando código, talla, número de piezas y la causa por la que está ahí. Lo coloca de nuevo en la caja y lo cierra con cinta adhesiva.

Cuando se termina de registrar todas las cajas de sobrantes por campaña, pasa la relación al supervisor de operaciones, para que informe al cliente del producto que se tiene en el área de logística inversa y que pueda disponer de él cuando lo requiera.

- **Surtido.** Una vez que se le informa al cliente el producto que ingresó al área de logística inversa, éste envía una relación de las piezas que se le tienen que entregar.

El empleado encargado del área surte por campaña de cada una de las cajas que tiene almacenadas, la cierra con cinta adhesiva una vez que surtió todo el producto solicitado y entrega el producto directamente al cliente, quién firma de conformidad.

Para el área de logística inversa se diseñaron dos diagramas de flujo para las dos áreas mencionadas anteriormente, esto debido a que la operación tiene ciertas variaciones cuando se recibe producto de devoluciones, el detalle de los procesos realizados en el área se observa en los siguientes dos diagramas de flujo (ver diagramas 4.3 y 4.4).

Sobranate de producto

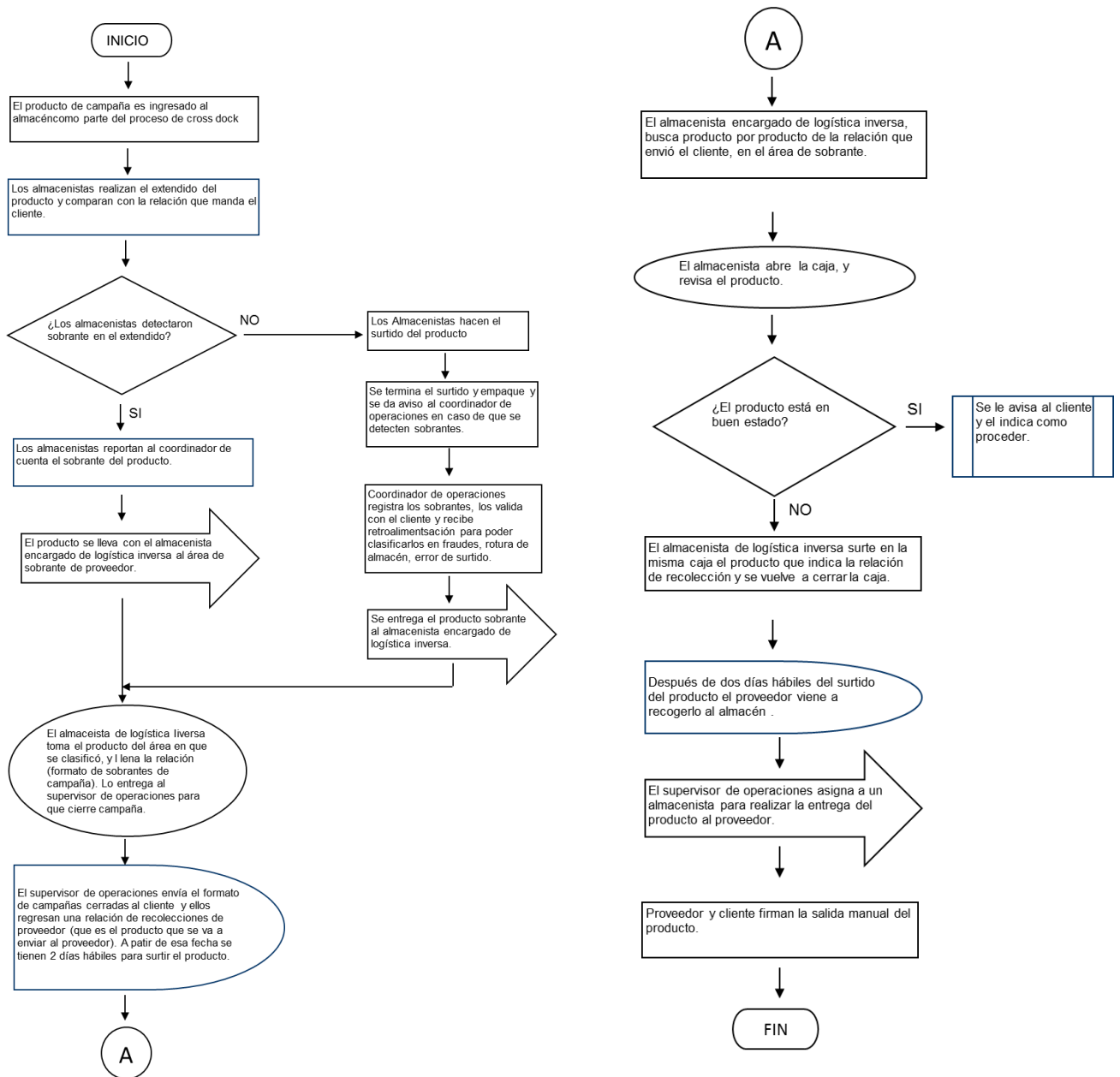


Diagrama 4.3 Diagrama de flujo del área de logística inversa (sobranates)

Devoluciones

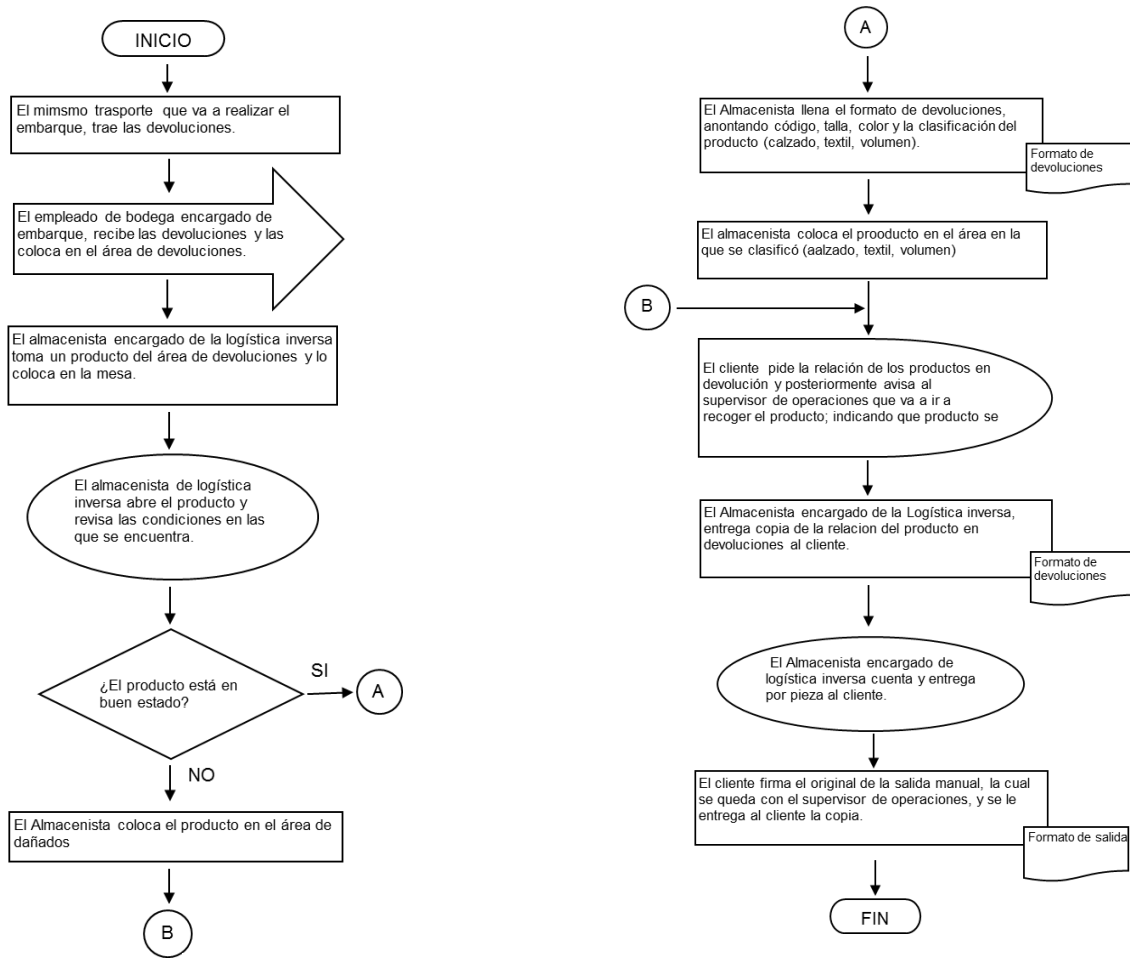


Diagrama 4.4. Diagrama de flujo de logística inversa (devoluciones)

- Total de actividades del área de logística inversa: 31
- Total de demoras en el proceso de logística inversa: 3
- Total de transportes en el proceso de logística inversa: 4
- Total de inspecciones en el proceso de logística inversa: 4

3.2.4 Oficinas

En el área de oficinas se realizan los siguientes procesos:

- **Envío y recepción de información al cliente.** El principal proceso y función que tiene el área de oficinas es recibir la información por parte del cliente, como lo es el número de

piezas que van a ingresar al almacén, los pedidos que se tienen que trabajar, resultados de indicadores de desempeño. Así mismo, es importante mantener informado al cliente de cualquier desviación que se pueda presentar en cualquiera de los procesos, para así, tener una respuesta eficaz ante la situación.

- **Impresión de etiquetas de envío y orden de surtido.** Una vez que el cliente envió la información sobre los pedidos que se tienen que procesar, el coordinador es el encargado de ingresarlos a su sistema para poder generar las órdenes de surtido y posteriormente las imprime.

Las etiquetas de envío sólo se imprimen, ya que el encargado del transporte las genera y envía con su correspondiente número de guía.

3.3 Diagnóstico de la situación actual

Al término del mapeo de los procesos se lograron definir desperdicios o mudas que estaba teniendo la operación, así mismo, se realizó un diagnóstico de la situación actual en donde se mencionan por área los diferentes problemas detectados. En las siguientes tablas se definen los desperdicios, mismos están clasificados como se definió en el capítulo dos y se presentan por cada una de las áreas del almacén.

Cross dock

Desperdicio detectado		Descripción
1	Exceso de movimiento	Los transportistas que llegan a entregar producto, no cuentan con el equipo necesario para abrir las cajas, lo cual los obliga a usar las manos o alguna otra herramienta que tengan a la mano (llaves, plumas, etc.) en varias ocasiones, para lograr abrirla.
2	Espera	Una vez descargado el producto, se queda mucho tiempo en el dock antes de pasar a ser extendido, ya que no hay lugar para ubicarlo.
3	Re-trabajo	El diseño de los anaqueles ocasiona que el producto se caiga, o que se revuelva con el que se encuentra a un lado, por lo que los surtidores deben reacomodar el producto cada vez que esto sucede.
4	Espera	Las órdenes de surtido se deben engrapar con su correspondiente línea de embarque, se tiene un promedio de 3500 órdenes al día que se deben engrapar, trabajo que realiza una sola persona y el cual no es eficiente. Las órdenes se quedan en la mesa mucho tiempo antes de ser engrapadas, así mismo es poco ergonómico.
5	Exceso de movimiento	El proceso de surtido no está estandarizado, cada trabajador lo hace de manera diferente.

6	Exceso de transporte	Las cajas armadas se ubican al final del pasillo, por lo que los surtidores recorren una larga distancia para tomar varias y posteriormente llevarlas al área donde están surtiendo.
7	Exceso de movimiento	La persona encargada de armar las cajas lo hace en el piso, lo que dificulta el armado.
8	Re-trabajo	Durante el proceso de verificación y empaque, sí se detectan errores, el verificador debe acudir con un surtidor para que coloque el pedido correcto y poder cerrar el paquete.
9	Espera	El coordinador debe confirmar en el sistema de manera manual cada uno de los pedidos que se embarcaron al día, al ser tan alto el número de pedidos se ocupa mucho tiempo realizando esta operación.

Consigna

Desperdicio detectado		Descripción
1	Espera	El cliente no envía el pronóstico de su venta, por lo tanto no se puede planear estratégicamente el trabajo y el personal, y muchas veces no es suficiente personal y se alarga el tiempo de la operación.
2	Exceso de movimiento	El producto se extiende e inventaría en el suelo o en una banda transportadora que se tiene en el área, esto dificulta la operación y disminuye la productividad ya que genera cansancio a los trabajadores.
3	Exceso de movimiento	En el área no se cuenta con anaqueles, por lo que el producto se guarda en cajas, las cuales se van enumerando y registrando en el inventario para saber en qué caja se encuentra cada producto. Se tienen que armar cajas constantemente o tomar una que ya no se use y volver a identificarla.
4	Re-trabajo	El producto se surte del área de consigna para que se pase a cross dock y vuelva a ser extendido y surtido, ya que en el área no hay las condiciones para surtir el producto directamente con la orden o el pedido.
5	Exceso de movimiento	El surtido se dificulta debido a que en una misma caja se guardan diferentes códigos y se tiene que buscar entre las diferentes piezas.

Logística inversa

Desperdicio detectado		Descripción
1	Exceso de transporte	El registro de los sobrantes se hace en un listado y se registra a mano, el encargado hace demasiados recorridos cuando no encuentra algún código o lo necesita validar, busca primero al supervisor o coordinador para que le informe que trabajador llevó los sobrantes al área y poder buscarlo para

		validar el producto.
2	Exceso de transporte	Cuando hay producto dañado el encargado debe acudir con el representante del cliente para validar si el producto se ingresa a lo sobrantes con el estatus de dañado o no, esto debido a que no se tiene un catálogo de daños.
3	Exceso de movimiento	El producto se clasifica y se coloca en tarimas dependiendo de su clasificación, debido al poco espacio que se tiene el encargado debe emplear la tarima y subirla a una localidad en los anaqueles.
4	Exceso de movimiento	El área solamente cuenta con una mesa, lo que dificulta el surtido del producto al tener poco espacio.

3.4 Etapa de medición

Durante esta etapa del proyecto y con base en el mapeo de procesos realizado en la etapa anterior, se realizó la toma de tiempos para la medición de las productividades en las diferentes áreas bajo estudio. La productividad describe la capacidad o el nivel de producción que tiene una empresa, es decir, que tan capaz es la empresa para generar productos o servicios y el nivel en el cual se aprovechan los recursos disponibles.

La toma de tiempos y cálculo de productividades para este proyecto, fue realizado ya que las mediciones permiten ver de manera más clara las oportunidades de mejora que tiene el proceso, así mismo para comparar la efectividad de las mejoras una vez implementadas.

Los tiempos fueron tomados durante tres semanas y se tomó un promedio de treinta muestras para todos los procesos excepto para el área de consigna, ya que en esa área se tiene menos actividad y tomara más muestras hubiera alargado el proyecto. La toma de tiempos también fue realizada en su totalidad por la autora de este trabajo.

Como se describió anteriormente, en el almacén hay diferente tipo de producto, el producto se clasifica en: textil, calzado, accesorios y volumen, por lo tanto se realizaron mediciones de cada una de estas clasificaciones para tener una muestra representativa del manejo de materiales en el almacén.

Con los tiempos que se registraron se hizo el cálculo de la productividad y los resultados se presentan en la siguiente tabla, indicados por cada una de las actividades que se definieron en el mapeo de los procesos, y con las unidades de medida de cada una de las áreas.

Productividades Cross Dock		
Extendido	232	pzas/hH
Armado de cajas	188	cajas/hH
Surtido	62	ordenes/hH
Verificación y empaque	50	pzas/hH
Productividades Consigna		
Separación del producto por modelo	526	pzas/hH
Inventario y extendido	168	pzas/hH
Surtido	120	pzas/hH
Sobrantes		
Clasificación del producto	29	pzas/hH
Surtido (Recolecciones del proveedor)	50	pzas/hH
Devoluciones	66	pzas/hH

Tabla 4.1. Productividades por área

En la tabla anterior se puede observar que se tienen tres diferentes unidades de medida, la primera son las piezas, que se utiliza para todas las actividades excepto el surtido. Dicho proceso se mide por órdenes ya que la cantidad de piezas en cada una de las órdenes puede variar desde una pieza hasta ocho piezas, por lo que esta medida es mucho más representativa para el encargado del almacén. Y por último se tiene el armado de cajas, el cual se mide por la cantidad de cajas que se arman para los pedidos.

En la tabla también se puede observar cuál es el proceso que está definiendo la velocidad de salida del producto de cada una de las áreas, y en el que se debería poner especial atención durante la etapa de mejora.

3.5 Etapa de análisis

Dentro del estudio y con apoyo del gerente del almacén y el ingeniero de mejora continua, se analizaron los datos obtenidos en el mapeo del proceso y el cálculo de las productividades, así mismo se realizó un análisis de la posible causa raíz, esto con ayuda de dos herramientas: el mapeo de la cadena de valor (VSM) y la detección de los siete desperdicios. Dichas herramientas fueron utilizadas porque son de mucha utilidad para la

detección de áreas de oportunidad en los procesos ya que el mapeo de cadena de valor te permite conocer las actividades que agregan valor al proceso y las que no lo hacen, así mismo al diseñar el estado futuro del proceso, como se menciona en el segundo capítulo, se puede tener una estimación de las mejoras que se tendrían.

Para cada una de las áreas se diseñó un VSM una vez que se recabo la información de tiempos y productividades, esto fue realizado por la autora del trabajo y validado con los gerentes y supervisores.

Así mismo una vez definidos los desperdicios del proceso, el equipo realizó un diagrama de Ishikawa para definir las probables causas principales del problema y poder atacarlas para cumplir con el requerimiento del cliente. En la siguiente figura se presentan los resultados.

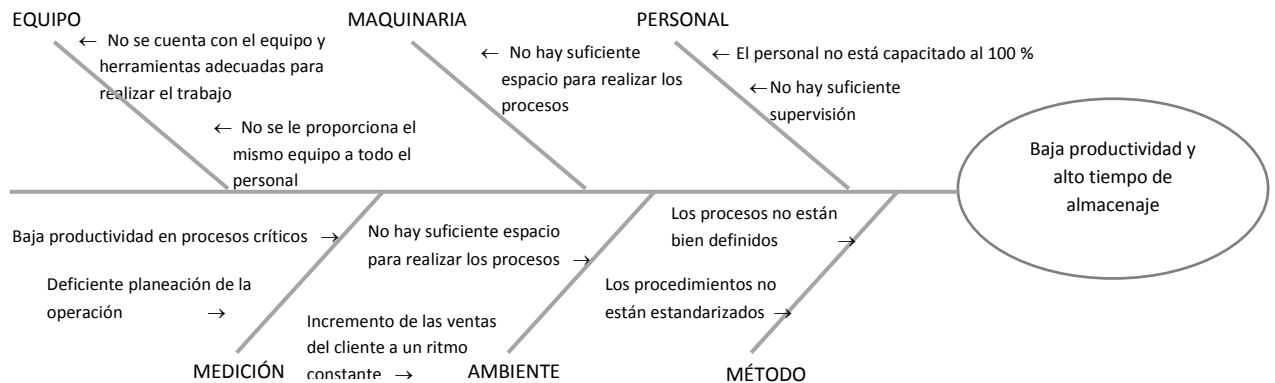


Diagrama 4.5 Probables causas

Probables causas principales:

- El incremento del volumen que el cliente envía para ser trabajado, ha sido constante, sin dar tiempo a la operación para que se adapte a estas condiciones.
- No se cuenta con el equipo, herramientas y espacio suficiente para realizar los procesos.
- No existe una estandarización de procesos lo cual aumenta la variación de la productividad.

Este análisis se realizó en varias sesiones con el gerente de operaciones y con el cliente, se les presentaron las diferentes áreas de oportunidad que se detectaron, para que ellos pudieran dar su punto de vista sobre la posibilidad de intervenir en el proceso para poder mejorarlo.

Una vez de acuerdo con el cliente se dio paso a la siguiente etapa en donde se realizaron las propuestas de mejora.

3.6 Etapa de mejora

Para la realización de esta etapa, se realizó una lluvia de ideas con ayuda del gerente, el ingeniero de mejora continua, se realizaron propuestas para mejorar los procesos del almacén bajo estudio, con el fin de atacar las causas a las que se llegaron en la etapa de análisis. Entre las mejoras que se propusieron se encuentran: mejorar las condiciones de trabajo de los empleados para disminuir su fatiga con herramientas mucho más ergonómicas, se propusieron mejoras para la distribución del área, los procesos y la inclusión de tecnología para hacerlos más eficientes.

Estas propuestas fueron presentadas al cliente, para que validaran y dieran su visto bueno a cada una de ellas, y así poder definir cuáles se implementarían a corto y largo plazo, así como las que definitivamente se descartan. A continuación se enlistan cada una de las propuestas, los motivos por los que se realizó la propuesta, así como los resultados esperados con la implementación.

3.6.1 Propuestas de mejora

3.6.1.1 Carros de surtido

Durante el mapeo de procesos, se observó que los carros que se usan en el área de cross dock tanto para el surtido como para el empaque y verificación, son poco ergonómicos ya que el empleado se tiene que agachar demasiado para colocar un pedido que surtió, o para tomar un pedido que va a verificar.

Bajo estas condiciones, durante la lluvia de ideas se propuso implementar un carro (ver figuras 4.1 y 4.2) que tuviera una plataforma que al colocar un pedido bajara un poco dependiendo del peso, así mismo esta plataforma sube cuando un empleado toma un pedido y le quita peso.



Figura 4.1. Carro de surtido (interior)

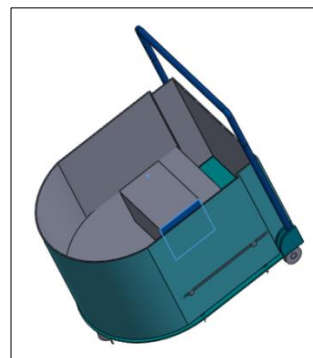


Figura 4.2. Carro de surtido (exterior)

3.6.1.2 Surtido por radiofrecuencia

Una de las causas definidas durante la etapa de análisis, es la falta de estandarización de procesos, se decidió proponer mejoras para el procedimiento de surtido y se analizaron tres opciones: surtido por radiofrecuencia, surtido con luz y surtido por voz.

A continuación se presentan las características de la primera propuesta: el surtido por radiofrecuencia, básicamente este surtido se refiere al uso de un scanner para la búsqueda y confirmación del producto a surtir.

El objetivo de la implementación de un sistema de radiofrecuencia es agilizar el proceso de surtido de pedidos mediante el uso de código de barras y el equipo de radiofrecuencia, el operador recibe sus instrucciones de manera interactiva y en tiempo real, por lo que una de las ventajas es que al realizar el surtido automáticamente se va ajustando el inventario, sin que el coordinador tenga que confirmar en la computadora cada una de las órdenes para que se descuente el producto del inventario y se ahorra tiempo.

Otra ventaja del uso de radiofrecuencia es que se elimina el uso de papel y marcadores, así mismo, se disminuye el porcentaje de errores de surtido al estar confirmando cada pedido por medio del scanner.

3.6.1.3 Surtido con luz

La segunda propuesta para hacer más eficiente el proceso de surtido, es la implementación del sistema de surtido por luz.

El sistema de surtido por luz se refiere a la preparación de pedidos por indicaciones de una señal luminosa. El surtido por luz consta de luces fáciles de detectar, instaladas en cada una de las ubicaciones del almacén, el operador que está surtiendo debe dirigirse a la ubicación que se encuentre encendida y tomar el producto, una vez localizado y confirmado, se encenderá la luz del siguiente producto que se debe surtir, hasta que se termine de surtir toda la orden.

El sistema con luz puede implementarse lo más sencillo o complejo que se necesite: se pueden colocar solamente las luces en las ubicaciones para que el operador sepa que producto debe tomar, a las luces se les pueden agregar pequeñas pantallas que además indiquen la cantidad de piezas que se deben tomar y por último se pueden colocar también botones que permitan realizar la confirmación de la orden una vez que esta se finalice.

Con la implementación del surtido por luz se elimina la generación de órdenes de surtido, lo cual permite a los operarios tener las manos libres para poder realizar el surtido mucho más fácilmente y aumentar la productividad en este proceso. Otros de los beneficios de la implementación del surtido por luz es la disminución de errores de surtido, incremento de la satisfacción del cliente y estandarización del proceso de surtido.

3.6.1.4 Surtido por voz

La última propuesta realizada para la estandarización y mejora del proceso de surtido, es la implementación del sistema de surtido por voz.

El surtido por voz es un sistema diseñado para todo tipo de surtido: para almacenaje de baja a media rotación, y de media a alta rotación como lo es el caso del almacén bajo estudio. El surtido por voz es un sistema en donde los campos de texto de una aplicación, para este caso las órdenes de surtido, son traducidas a voz y enviadas a unas bocinas o audífonos, a su vez, las palabras pronunciadas por el operador son traducidas a texto utilizable por medio de la aplicación.

El sistema de surtido por voz, indica la ubicación y código del producto que se debe surtir, una vez identificado el operador debe repetir el código y confirmar el surtido para que el sistema te indique el siguiente producto de la orden o la siguiente orden.

La implementación del surtido por voz permite que el operador tenga las manos libres, incrementando la productividad en un 35% en promedio, ya que no se tendría ningún instrumento en las manos que pueda dificultar el surtido, como lo son las hojas de órdenes de surtido o el caso de los scanner.

Otra de las ventajas del surtido por voz es que la precisión del surtido incrementa, llegando a tener un 99.9% de efectividad. Por último el entrenamiento a los operadores en este sistema es mínimo, ya que se necesitan alrededor de 15 minutos para que el operador se familiarice con el sistema.

3.6.1.5 Mesas con separadores para el área de consigna

El área de consigna no cuenta con las instalaciones ni equipo necesario para un buen manejo de la mercancía, en los desperdicios reportados en la etapa de medición, se definió un desperdicio de movimiento, que se debe a que el producto que llega es separado e inventariado en el suelo y en una banda transportadora inservible que se usa como mesa, lo

cual es poco ergonómico e ineficiente, esto afecta directamente a la productividad ya que los empleados deben estar de rodillas separando el producto o sentados en el suelo.

Con esta información, se diseñaron mesas de 3 x 1.2 metros, con divisiones de 20 centímetros cada una (ver figura 4.3) para que el producto se pudiera separar mucho más rápidamente y que disminuyera la fatiga del empleado.

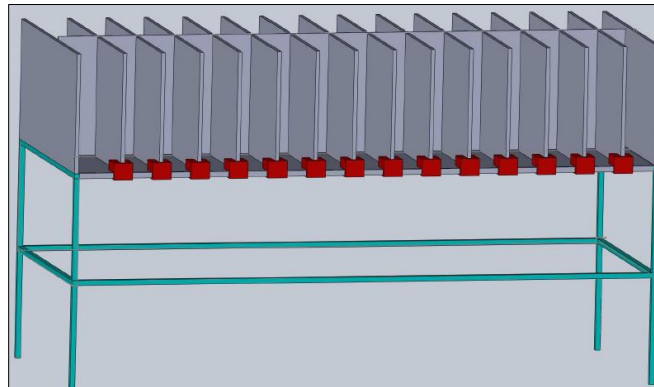


Figura 4.3. Mesa con separadores

3.6.1.6 Imanes para los anaqueles

Los errores de surtido repercuten demasiado en la productividad del área de verificación y empaque, ya que cuando se detecta un error en el área se tiene que corregir, lo que detiene el proceso y se termina hasta que se surte la mercancía correcta.

A su vez, los errores de surtido ocurren debido al área de extendido, ya que no registran las ubicaciones que ya tienen producto, o registran una ubicación incorrecta al hacerlo demasiado rápido.

Pensando en la disminución de los errores tanto por parte de extendido como del área de surtido, se diseñó un imán color verde con la leyenda “LIBRE” (ver figura 4.4) que sirviera como un poka yoke de detección, para disminuir la cantidad de errores cometidos.



Figura 4.4 Imanes para los anaqueles

3.6.1.7 Encintadoras para el área de verificación y empaque

Durante el mapeo de los procesos se detectó la mala presentación que les da a las cajas el que la cinta este mal cortada o mal pegada, esto pasa debido a que el personal de empaque no cuenta con el material necesario para cortar la cinta. Así mismo se pierde tiempo al comenzar a encintar porque se tiene que buscar el inicio de la cinta y despegarlo.

Con base en lo mencionado, se propuso comprar encintadoras (ver figura 4.4) para agilizar el proceso y mejorar la presentación de los pedidos.



Figura 4.5 Encintadoras

3.6.1.8 Cajoneras para el área de consigna

Dentro de los desperdicios que se reportaron, se encontró que el almacenaje en el área de consigna no es eficiente, ya que se almacena en cajas y se apilan una tras otra, lo que dificulta el proceso de surtido al tener que bajar cada una de las cajas que contiene el producto que se necesita.

Dentro de esa misma área también se encontró un re-trabajo, ya que se surte producto en consigna y se pasa al área de cross dock, donde vuelve a ser extendido y surtido de nuevo pero en este caso para el cliente final.

Después de la etapa de análisis, se llegó a la conclusión de que se podía eliminar el re-trabajo realizando un solo surtido directamente del área de consigna. Para la realización de un solo surtido se necesita cambiar la forma de almacenar el producto, es por eso que se propuso la compra de cajoneras para un mejor almacenamiento.

Las cajoneras que se propusieron son cajoneras de archivo muerto (ver figura 4.6), las cuales se pueden apilar hasta un máximo de seis cajoneras.



Figura 4.6 Cajonera

3.6.1.9 Implementación de mezzanine

Entre los desperdicios detectados, se encuentra una espera del producto para ser ingresado debido a la falta de espacio en el almacén. Como parte de la mejora en este aspecto, se propone la ampliación del área de trabajo con la ayuda de un mezzanine.

La instalación de un mezzanine representa una posible solución, ya que se tendría un mejor aprovechamiento de la superficie del almacén, con el objetivo de duplicar la capacidad de almacenaje.

Una de las ventajas de la instalación del mezzanine, es que dicha instalación es rápida y desarmable. En el caso de que se tuviera que mover al cliente de lugar se podría mover también el mezzanine.

3.6.1.10 Nueva distribución del almacén

Con base en todo lo que se observó durante el mapeo de procesos y la detección de desperdicios, así como por el aumento de la cantidad de producto que se está trabajando, se propuso aumentar el área de trabajo para el cliente.

Derivado del aumento del área de trabajo, se tendría una nueva distribución del almacén, la cual se realizó de manera estratégica para agilizar los procesos y con restricciones de seguridad (ver figura 4.7)

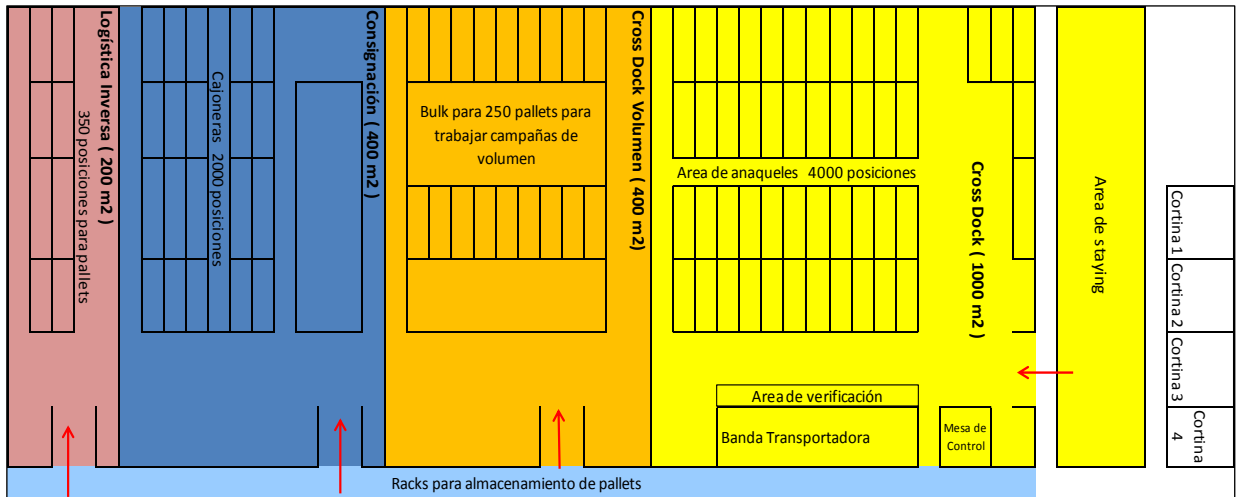


Figura 4.7 Nueva distribución del almacén

3.6.2 Propuestas no implementadas

3.6.2.1 Surtido por radiofrecuencia

Se decidió no implementar el surtido por radiofrecuencia debido a que uno de los inconvenientes de este sistema es que un gran porcentaje del producto que ingresa al almacén no tiene código de barras o un sku para dar seguimiento y poder asignar un código. Y por otro lado, el uso del scanner dificulta la manipulación del pedido, al tener que estar escaneando cada una de las piezas que se van a surtir.

Esta propuesta se descarta ya que el producto es enviado al almacén directamente por el proveedor del cliente, por lo que para la implementación de este sistema sería necesario trabajar directamente con los proveedores. La otra propuesta que surgió para la eliminación de este inconveniente fue la asignación, impresión y pegado del código a cada producto que no viniera identificado, pero esta opción no fue aceptada por el cliente ya que para ellos sería un gasto fijo a pesar de que se hiciera una reducción en el tiempo de almacenaje.

3.6.2.2 Surtido por luz

Aunque sistema de surtido por luz es un sistema bastante innovador, se descarta esta propuesta ya que se aplica en su mayoría a almacenes de baja a media rotación del producto, y el caso del almacén bajo estudio existe una alta rotación en el producto que se

maneja, ya que cada campaña que llega es de una gran variedad de productos por lo que se tiene un alto número de sku's.

Por otro lado, en el proceso actual se encuentran surtiendo más de dos personas en el mismo pasillo, y dicho sistema podría resultar en un aumento de errores de surtido si no se brinda la correcta capacitación a los operadores o si no se presta la suficiente atención por parte de ellos al momento de realizar el surtido.

3.6.2.3 Surtido por voz

El sistema de surtido por voz es la mejor opción para la operación que se tiene en el almacén, ya que se maneja un gran número de productos y éste número va cambiando constantemente y el sistema por voz te permite trabajar con grandes cantidades de sku's.

La propuesta se queda pendiente de validación, ya que no se tiene por el momento el capital necesario para la implementación y el equipo de sistemas tiene que validarlo, pero se define como la siguiente acción a implementar ya que es la mejor opción para la mejora en el surtido.

Al implementar el surtido por voz se ataca la falta de estandarización del proceso, ya que todos los operadores tendrían que hacerlo de la misma forma, así mismo, si se incrementa la productividad se estaría cumpliendo con el objetivo del trabajo de estudio que es definir la forma de mejorar los procesos enfocados a reducir el tiempo de almacenaje.

3.6.2.4 Implementación de mezzanine

A pesar de que con la instalación de un mezzanine se podría eliminar el desperdicio de espacio, esta opción se descarta por parte del cliente, ya que la inversión para esta implementación es muy alta (\$2400 por cada metro cuadrado) y se opta por la opción de incrementar el espacio que se tiene asignado al cliente y reacomodar la distribución de las áreas de manera que se tenga el flujo adecuado para la operación.

3.6.3 Propuestas implementadas y posibles beneficios

3.6.3.1 Carros de surtido

Los carros de surtido fueron una de las implementaciones que se decidieron realizar ya que dichos carros permitirán que los empleados realicen movimientos con menos esfuerzo, lo que impactará en su productividad al reducir su cansancio.

El total de carros que se adquirieron fue un total de doce, ya que se tienen seis mesas de validación por lo que seis carros deberán estar en las mesas de validación y los otros seis en la entrada de los pasillos para que el personal de surtido pueda utilizarlos.

3.6.3.2 Mesas con separadores para el área de consigna

Como se mencionó en las propuestas de mejora, se diseñaron mesas de 3 x 1.2 metros con divisiones de 20 centímetros cada una, el objetivo de estas mesas es que el producto se pueda separar mucho más rápidamente y que disminuyera la fatiga del empleado. Se adquirieron dos mesas para esta área.

3.6.3.3 Imanes para los anaqueles

Se adquirió un total de 2000 imanes, una tercera parte de la cantidad de ubicaciones que hay en el área de cross dock, dicha cantidad fue definida por el gerente del almacén para validar su funcionamiento. La implementación de los imanes y su uso se definió de la siguiente manera:

- El equipo de extendido debe retirar el imán única y exclusivamente cuando ya se haya registrado la ubicación en la que se colocó el producto, de esta forma si al finalizar el proceso se detecta un imán en los anaqueles donde se extendió el producto, se debe verificar que esa ubicación ya fue registrada y así se asegura el registro del producto en su totalidad.
- El equipo de surtido debe colocar el imán en el anaquel cuando se surta el último producto de la ubicación; de esta manera se disminuye la posibilidad de tomar el producto incorrecto. Sí el surtidor detecta producto en una ubicación que tiene el imán, lo más probable es que ese producto no corresponda a ese lugar y se disminuye el surtido de productos incorrectos.

3.6.3.4 Encintadoras para el área de verificación y empaque

Para el caso de las encintadoras se decidió comprar un total de once dispositivos, ya que es el número de personas que se tienen en esta parte del proceso. El uso de las encintadoras brindará un mejor aspecto al producto terminado, así mismo la productividad del proceso se verá beneficiada ya que el personal tendrá las herramientas adecuadas para realizar la actividad.

3.6.3.5 Cajoneras para el área de consigna

Para el caso de las cajoneras se adquirieron un total de 2000 cajoneras y a cada una de estas cajoneras se le asignó un código de ubicación, para que posteriormente las órdenes de surtido fueran generadas con esas ubicaciones.

El uso de las cajoneras se definió de la siguiente manera: el producto de un mismo código se ingresa en una misma cajonera, y si es posible se almacena más de un código por ubicación para aprovechar de mejor manera el espacio. El uso de las cajoneras permite que el surtido sea directamente del área de consigna y elimina el doble extendido y doble surtido, al eliminar el traslado del producto al área de cross dock.

A continuación se presenta el nuevo diagrama de flujo del área de consigna con la eliminación del paso del producto al área de cross dock y el extendido y surtido directo desde las cajoneras.

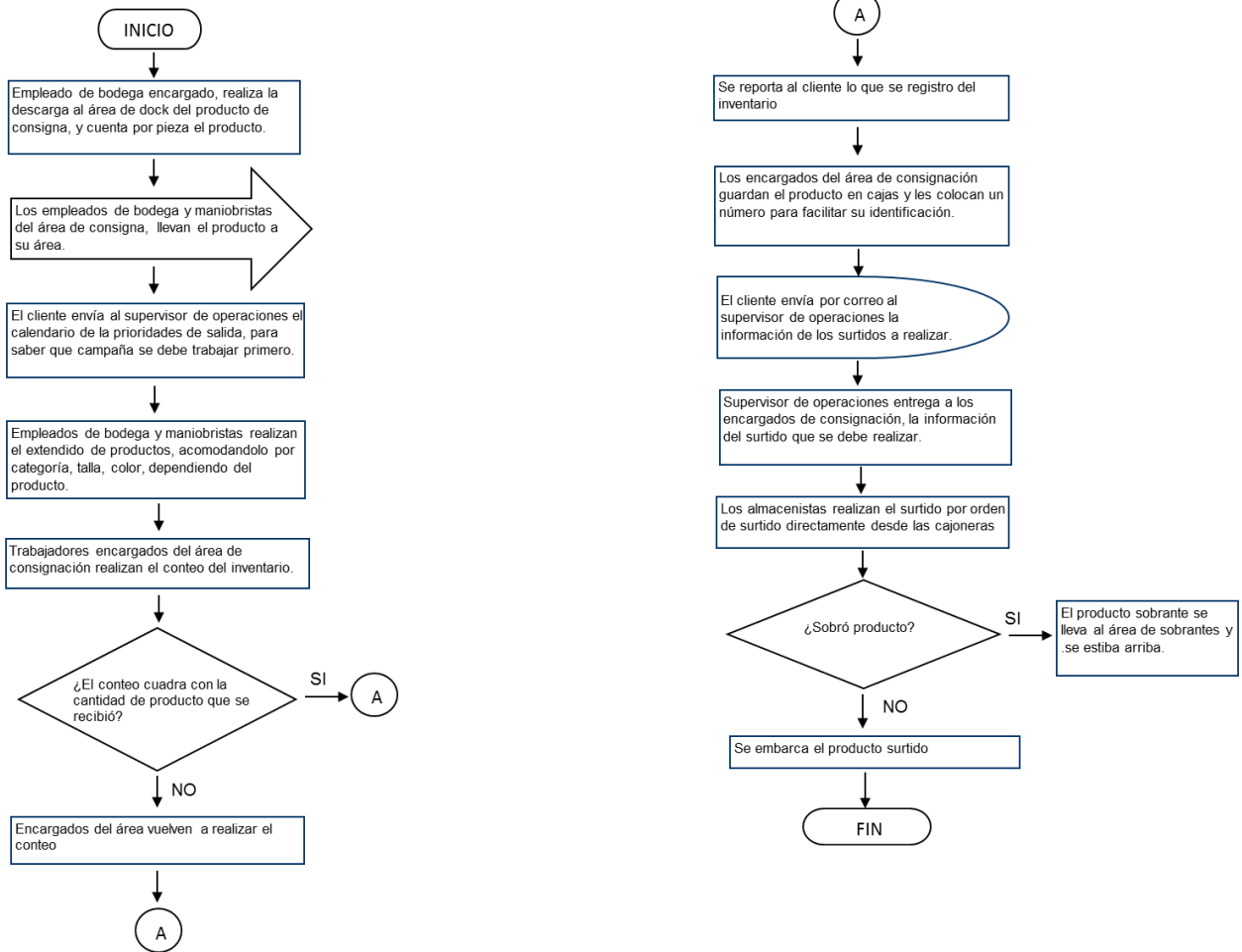


Diagrama 4.8 Diagrama de flujo del proceso en consigna con la implementación de las cajoneras

- Actividades antes de las cajoneras

Total de actividades del área de consigna: 16

Total de demoras en el proceso de consigna: 1

Total de transportes en el proceso de consigna: 2

Total de inspecciones en el proceso de consigna: 0

- Actividades después de las cajoneras

Total de actividades del área de consigna: 15

Total de demoras en el proceso de consigna: 1

Total de transportes en el proceso de consigna: 1

Total de inspecciones en el proceso de consigna: 0

3.6.3.6 Nueva distribución del almacén

La última propuesta aceptada fue el incremento del área dedicada para este cliente, reacomodando las áreas de manera que el flujo de la operación sea el óptimo, pero tomando en cuenta restricciones por parte del cliente y de seguridad. A continuación se presenta la distribución propuesta (ver figura 4.8) y el espacio dedicado para cada una de ellas. Así mismo en dicho diagrama se colocaron las mejoras implementadas y el área en la que se estarán usando.

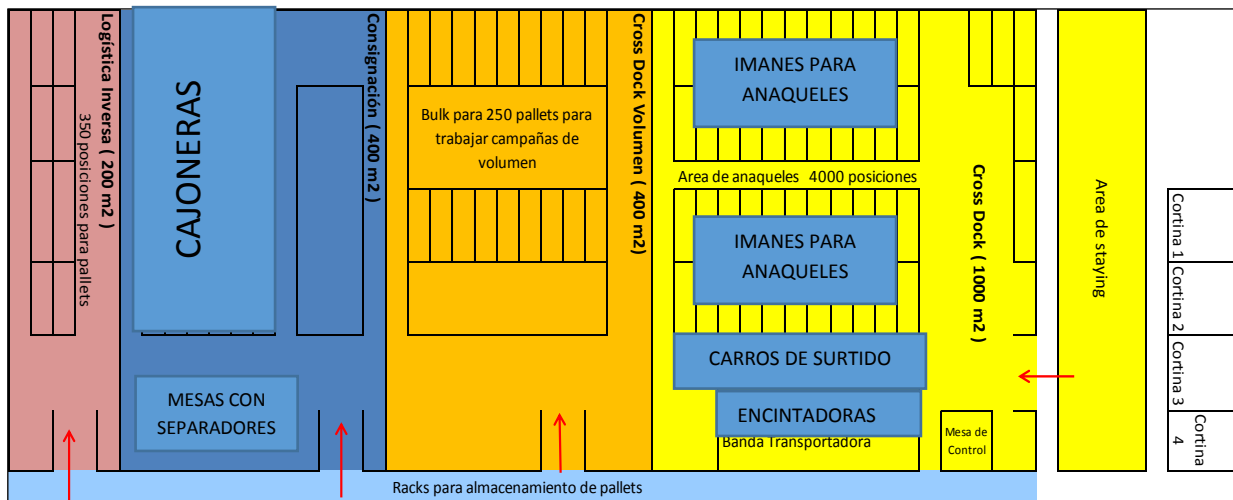


Figura 4.8 Distribución propuesta con mejoras

El diseño de la nueva distribución permitirá que el recorrido del producto en el área de cross dock sea mucho más corto. Se tendrá un espacio más grande para el extendido del producto de volumen para tener un mejor surtido.

El área de consigna también aumentó su tamaño y se dio un total de dos mil ubicaciones con las cajoneras para el extendido y surtido dentro de la misma área.

Se designó un área específica para logística inversa, por lo que el producto estará mucho más cerca para poder trabajarlo y se evita el tener que estibar y bajar las cajas de los racks cada vez que se va a trabajar el producto.

3.7 Etapa de control

Para dar seguimiento a las implementaciones realizadas, se comenzó de nuevo con la toma de tiempos a los procesos con las mejoras y los resultados de las productividades obtenidas se observan a continuación (ver tabla 4.2).

Productividades Cross Dock					
	Anterior		Actual		Diferencia (%)
Extendido	232	pzas/HH	212	pzas/HH	-9%
Armado de cajas	188	cajas/HH	205	cajas/HH	8%
Surtido	62	picking/HH	71	picking/HH	13%
Verificación y empaque	50	pzas/HH	61	pzas/HH	18%
Productividades Consigna					
Separación del producto por modelo	526	pzas/HH	743	pzas/HH	29%
Inventario y extendido	168	pzas/HH	108	pzas/HH	-56%
Surtido	120	Pzas/HH	59	pzas/HH	-103%
Productividades Logística Inversa					
Sobrantes: Clasificación del producto	29	pzas/HH	28	pzas/HH	-4%
Sobrantes: Surtido (Recoleccion del proveedor)	50	pzas/HH	38	pzas/HH	-31%

Tabla 4.2 Comparación de productividades.

Con los datos recabados se realizó la prueba de hipótesis para validar si en realidad hubo algún cambio en los procesos y se mejoraron. A continuación se presentan los resultados de las pruebas de hipótesis para cada uno de los procesos y las tablas de los datos de productividades se presentan en los anexos de este trabajo.

3.7.1 Pruebas de hipótesis para los procesos del almacén

Para todos los procesos se realizaron pruebas de hipótesis tanto para la comparación de las varianzas, como para la comparación de las medias con los datos que se tienen antes de la implementación de las mejora y después de la implementación. A continuación se presentan los resultados de estas pruebas de hipótesis, tomando uno de los procesos como ejemplo y el concentrado de los resultados en una tabla.

- Para la prueba de varianzas en el proceso de extendido se tiene la varianza de las productividades de la muestra tomada antes de la mejora (S_A^2), y la varianza de la muestra tomada después de la mejora (S_D^2). Así mismo el tamaño de las dos muestras es el mismo, por lo que $n_1 = n_2 = 30$, la información se muestra en la siguiente tabla.

EXTENDIDO ANTES DE LA MEJORA	EXTENDIDO DESPUÉS DE LA MEJORA	
200.507	313.409	
138.931	320.205	
174.726	259.418	
317.262	271.104	
263.218	181.756	
301.926	81.015	
255.219	63.211	
195.010	136.815	
248.458	224.866	
172.642	210.978	
205.830	120.452	
153.160	92.976	
189.730	95.038	
179.350	183.046	
299.170	326.955	
178.640	146.851	
300.725	170.600	
293.488	174.290	
298.980	60.230	
200.318	92.919	
294.078	270.496	
289.939	312.967	
307.646	279.000	
180.501	327.486	
292.511	218.572	
271.056	307.287	
218.550	251.547	
194.546	294.854	
195.465	319.549	
170.051	272.587	
MEDIA	232.7211386	212.6826395
DESV. EST.	56.35307739	89.60761948

Tabla 4.3 Datos de las muestras de extendido antes y después de la mejora

De la tabla anterior se obtienen los siguientes datos, para la prueba de hipótesis

$$S_A = 56.353$$

$$S_D = 89.607$$

Con un nivel de confianza del 95%, se tiene el siguiente planteamiento

$$H_0 : \sigma_A^2 = \sigma_D^2$$

$$H_1 : \sigma_A^2 < \sigma_D^2$$

Con los datos que se tienen, se aplican las fórmulas presentadas en el apartado 2.4, primero se obtiene el valor de F para compararlo con el valor crítico de F y poder aceptar o rechazar la hipótesis nula.

$$F_0 = \frac{S_{max}^2}{S_{min}^2} = \frac{(89.60)^2}{(53.35)^2} = 2.5282$$

$$F_C = F_{\alpha, n_1-1, n_2-1} = 1.8608$$

Como se vio anteriormente si $F_0 < F_{\alpha, n_1-1, n_2-1}$ se rechaza la hipótesis nula, por lo que para este caso se rechaza la hipótesis nula y se puede concluir que la varianza de la muestra tomada antes de la mejora es menor que la varianza de la muestra tomada después de las implementaciones.

La disminución en la varianza para el extendido, pudo ser debido a que el espacio para extender la gran cantidad de volumen que envía el cliente sigue siendo insuficiente, probablemente la necesidad de espacio está creciendo mucho más rápido del que se tienen realmente, ya que en la mayoría de las ubicaciones se está colocando más de un código por ubicación, lo que complica el proceso y genera un desperdicio de movimiento que antes no se tenía.

- A continuación se presenta la prueba de hipótesis para la comparación de medias del proceso anteriormente analizado (extendido). En dicho análisis se realizará la comparación de las medias obtenidas en la muestra tomada de las productividades antes de la mejora (μ_A) y la muestra tomada después de la mejora (μ_D). Para esta prueba se consideran varianzas conocidas y diferentes, y se utilizan las fórmulas definidas en el apartado 2.4 de este trabajo. Los datos obtenidos de la tabla 4.3 y el planteamiento de la prueba es el siguiente:

$$H_0: \mu_A = \mu_D$$

$$H_1: \mu_A > \mu_D$$

De la tabla 4.3 se obtienen los siguientes datos para la prueba

$$\bar{X}_A = 232.72$$

$$\bar{X}_D = 212.68$$

$$S_A = 56.35$$

$$S_D = 98.60$$

Aplicando la fórmula del cálculo de Z para varianzas conocidas (ya que al ser muestras de 30 dato se puede considerar que la varianza de la muestra es igual a la varianza de la población).

$$Z_0 = \frac{\bar{X}_A - \bar{X}_D}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} = \frac{232.72 - 212.68}{\sqrt{\frac{56.35}{30} + \frac{98.60}{30}}} = 1.037$$

Para probar $H_0: \mu_A = \mu_D$ se calcula el valor crítico para Z

$$Z_c = Z_\alpha = 1.644$$

Como se vio anteriormente si $Z_0 > Z_\alpha$ se rechaza la hipótesis nula, por lo que para este caso se acepta la hipótesis nula y se concluye que a pesar de que se observa una disminución en la productividad después del cambio, esta diferencia no es significativa.

A continuación se presenta una tabla con los resultados de las demás pruebas realizadas para los procesos de este caso de estudio, y el análisis de los resultados obtenidos. Las tablas con los datos que se usaron para la realización de las pruebas se encuentran en los anexos de este trabajo.

Las pruebas de hipótesis fueron realizadas para validar los cambios que se tuvieron en cada uno de los procesos del almacén, es decir, validar la efectividad que tuvieron las implementaciones en cada uno de estos procedimientos y como influyeron tanto en la variación de los procesos, como el la productividad media obtenida.

Proceso	Pruebas de hipótesis para igualdad de varianzas				Resultado
	H0	H1	Fo	Fcr	
Extendido	$\sigma_A = \sigma_D$	$\sigma_A < \sigma_D$	2.52830	1.86081	Se rechaza
Surtido	$\sigma_A = \sigma_D$	$\sigma_A > \sigma_D$	1.25913	1.86081	Se acepta
Verificación y empaque	$\sigma_A = \sigma_D$	$\sigma_A > \sigma_D$	1.08561	1.86081	Se acepta
Separación consigna	$\sigma_A = \sigma_D$	$\sigma_A < \sigma_D$	1.07409	2.16825	Se acepta
Inventario y extendido consigna	$\sigma_A = \sigma_D$	$\sigma_A > \sigma_D$	2.52806	2.16825	Se rechaza
Surtido consigna	$\sigma_A = \sigma_D$	$\sigma_A > \sigma_D$	2.72409	2.16825	Se rechaza
Clasificación logística inversa	$\sigma_A = \sigma_D$	$\sigma_A < \sigma_D$	1.91357	1.86081	Se rechaza
Surtido logística inversa	$\sigma_A = \sigma_D$	$\sigma_A > \sigma_D$	3.85160	1.86081	Se rechaza

Tabla 4.4 Resultados de las pruebas de hipótesis para varianzas

	Pruebas de hipótesis para igualdad de medias				Resultado
	H ₀	H ₁	z ₀ /t ₀	z _{cr} /t _{cr}	
Extendido	$\mu_A = \mu_D$	$\mu_A > \mu_D$	1.03701	1.64485	Se acepta
Surtido	$\mu_A = \mu_D$	$\mu_A < \mu_D$	-1.13015	-1.64485	Se acepta
Verificación y empaque	$\mu_A = \mu_D$	$\mu_A < \mu_D$	-1.45699	-1.64485	Se acepta
Separación consigna	$\mu_A = \mu_D$	$\mu_A < \mu_D$	-2.16408	-1.64485	se rechaza
Inventario y extendido consigna	$\mu_A = \mu_D$	$\mu_A > \mu_D$	3.20520	1.69236	se rechaza
Clasificación logística inversa	$\mu_A = \mu_D$	$\mu_A > \mu_D$	0.14368	1.64485	Se acepta
Surtido logística inversa	$\mu_A = \mu_D$	$\mu_A > \mu_D$	1.46652	1.64485	Se acepta

Tabla 4.5 Resultados de las pruebas de hipótesis para medias

Para el proceso de surtido las implementaciones realizadas tuvieron un impacto positivo, ya que la prueba de hipótesis para las varianzas se acepta, por lo que se puede decir que la varianza se mantuvo igual una vez que se realizaron los cambios. Así mismo, en la tabla 4.2 se observa un aumento en la productividad pero con la prueba de hipótesis para las medias se puede decir que el cambio no fue significativo ya que se acepta la hipótesis nula, es decir, las medias son iguales antes y después de la mejora, las implementaciones que impactaron directamente en este proceso son: los carros de surtido y el cambio en la distribución del almacén.

En el caso del proceso de verificación y empaque las implementaciones realizadas tampoco tuvieron un alto impacto en el proceso, en las tablas se observa que las dos hipótesis nulas, tanto para varianzas como para medias, son aceptadas, por lo que se puede concluir que a pesar de que en la tabla 4.2 se observa un incremento en la productividad, este cambio no es significativo para el proceso. Las implementaciones que impactaron directamente en este proceso son: los carros de surtido y la implementación de las encintadoras.

Para el proceso de separación en el área de consigna, se observa un aumento en la media de las productividades al ser rechazada la hipótesis nula, dicho incremento pudo ser debido a la implementación de las mesas de separación y a un mejor orden en el área, por lo que se tuvo el resultado esperado. Para la prueba de varianzas no se muestra ningún cambio una vez implementadas las mejoras.

En el área de consigna, para el proceso de extendido y surtido se definió el uso de las cajoneras, dichos procesos cambiaron para ser realizados más detalladamente y poder eliminar el paso del producto al área de cross dock. Anteriormente se extendía más de un código en una misma caja, y éstas se apilaban consecutivamente, el nuevo proceso de extendido en el área de consigna es más complicado debido a la manipulación de las cajoneras y a la cantidad de producto que se está colocando. En la comparación de varianzas se observa que hubo una disminución en la varianza del proceso, dicho cambio fue a causa de la implementación de las mesas y las cajoneras.

Debido a que la prueba para varianzas fue rechazada y que el número de datos de la muestra tomada es menor a 30, se realizó un histograma para validar que la muestra tienen un comportamiento normal y poder aplicar la prueba de hipótesis para comparación de medias con distribución t que es aproximada a la normal pero menor estricta. A continuación se presenta el histograma realizado.

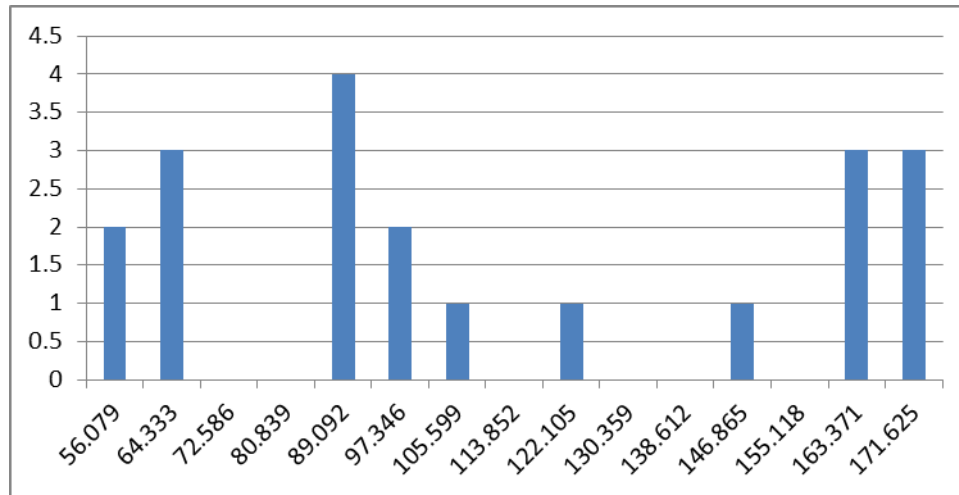


Figura 4.9 Histograma del proceso de inventario y extendido consigna

En el histograma se observa que los datos podrían tener una distribución normal, con dos puntos fuera de control del lado derecho de la campana de gauss. Al ser aproximadamente normal se realiza la prueba de hipótesis para medias y el resultado obtenido muestra que para la comparación de este proceso la productividad disminuyó después de las implementaciones de mejora. Una de las probables causas pudo ser que, como se mencionó anteriormente, el uso de las cajoneras implica un proceso mucho más detallado que pudo influir directamente en la disminución de la productividad, pero cabe mencionar que a pesar de esta disminución en la productividad, con la eliminación del paso al área de cross dock se logra reducir el tiempo que el producto pasa en el almacén.

Otro de los procesos que se tienen que analizar de la misma manera que el anterior es el surtido en el área de consigna. El proceso se realizaba por una cantidad alta de piezas de un mismo código, y se trasladaba el producto a otra área en dónde se extendía de nuevo para después realizar el surtido por pedido. Actualmente el surtido se hace directamente en el área de consigna, siendo un proceso mucho más detallado que el anterior pero sin pasar el producto a cross dock. Se realizó el histograma de los datos obtenidos pero la distribución de los datos no presenta un comportamiento normal, por lo que no se pudo realizar la prueba de hipótesis.

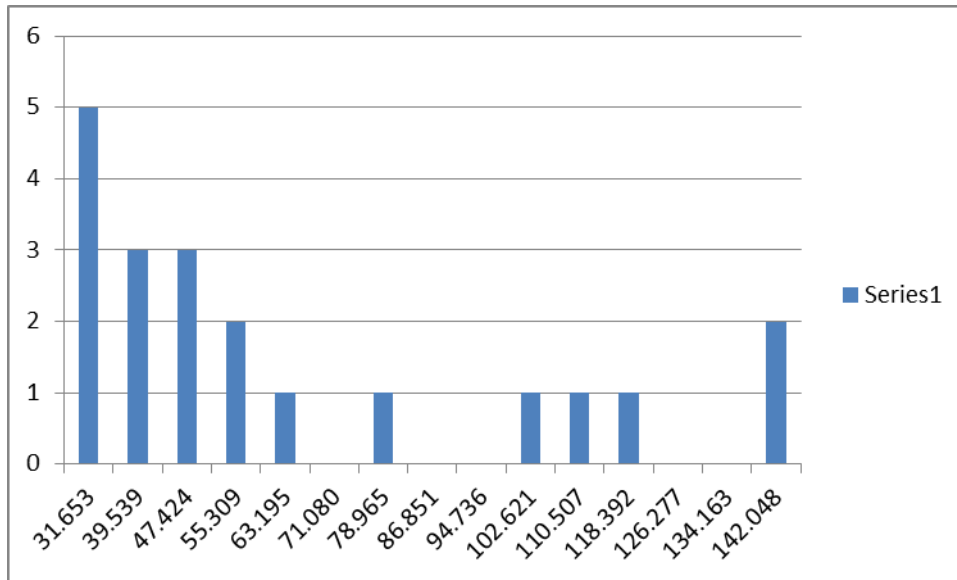


Figura 4.10 Histograma del proceso de surtido en consigna

En el histograma se puede apreciar que los datos se cargan más hacia los extremos, dicho comportamiento puede ser presentado debido a que, al ser un nuevo proceso y debido al alto índice de rotación, el comportamiento del histograma está influenciado por la curva de aprendizaje de los operadores. A pesar de que la productividad disminuyó, se lograron eliminar los tres días que el producto pasaba de más en el almacén al ser trasladado al área de cross dock, aumentando el indicador que mide este tiempo. Así mismo, ocurrió lo mismo que en el proceso de separación del área de consigna, se observa que la varianza del proceso antes de la implementación de las mejoras es mayor que la varianza una vez implementadas las mejoras, esto pudo ser debido a las condiciones en las que se realizaba el proceso ya que no se tenían instalaciones adecuadas para realizarlo.

En el proceso de clasificación en el área de logística inversa se puede observar que a pesar de que se tuvo una disminución en el dato de la productividad, en la prueba de comparación de medias, la hipótesis nula fue aceptada ya que al ser poca la disminución que se tuvo, esta diferencia no es significativa. Lo mismo pasa con el proceso de surtido para la recolección del cliente, la hipótesis nula es aceptada debido a que el cambio en la media de los datos no es significativa. En cuanto a las pruebas de la varianza se observa que para la clasificación de producto se tuvo un aumento en la varianza que probablemente pudo ser provocado por el personal de nuevo ingreso, ya que para ese proceso el personal que realiza el proceso puede variar a lo largo de la semana por lo que no se logra tener un proceso completamente estandarizado. Para el caso del surtido para la recolección, se tuvo una disminución en la varianza que pudo ser presentada porque se tiene un mejor acomodo del área y un mayor espacio para la realización de las actividades, así mismo dicho proceso es realizado por el encargado del área al contrario del proceso anterior.

Para el área de logística inversa no se tuvo un aumento en la productividad, sin embargo dichos procesos tampoco se vieron afectados como ocurrió en otras áreas, una de las causas de que no se haya mejorado completamente, es que por petición del cliente y por restricciones de seguridad el área tuvo que ser ubicada en la parte de atrás del almacén, aumentando los recorridos del producto para ser llevado a esa área cuya principal alimentación es el área de cross dock que se encuentra en la parte de enfrente. Al aumentar el recorrido se aumentan también los tiempos y por lo tanto disminuyen las productividades.

Otra de las causas de la disminución de las productividades es el incremento del volumen del cliente, al aumentar éste volumen también aumenta la cantidad de piezas que ingresan al área de logística inversa, por lo que se tiene que solicitar personal de apoyo que no conoce la operación y que constantemente está cambiando.

En la tabla de productividades y con base en las pruebas de hipótesis, se puede observar que hay actividades en las que hubo una mejora y otras en las que hubo un decremento de la productividad, cabe mencionar que una de las causas definidas en la problemática, es el constante aumento de volumen que tiene el cliente, este aumento aunado a otros factores que se mencionaron anteriormente de cambio en el almacén, impactaron directamente en los procesos.

Por otro lado, la implementación de las mejoras también tiene que ser monitoreada con ayuda de ciertos formatos y pizarrones que permitan conocer los cambios en el almacén, si es que se llegarán a presentar.

Se tiene un pizarrón de productividades y KPI's en el área de cross dock para saber si se llega al objetivo o no, un pizarrón en el área de consigna para conocer el estatus en el que se encuentra cada una de las campañas y si está en tiempo. Por último, un formato para el registro de errores de surtido, cuyos registros serán realizados por el área de verificación y empaque anotando el nombre del surtidor que cometió el error, para poder dar seguimiento a cualquier anomalía que se presente y poder determinar las causas.

Cabe mencionar que a pesar de que en la mayoría de los procesos no se presentó una mejoría significativa, e incluso se tuvo disminución de productividades, se logró eliminar operaciones que hacían que el tiempo de estadía del producto se incrementara. Al almacén ingresaba producto que iba para el área de consigna y que además, también pasaba por el área de cross dock creando retrabajos, aproximadamente el 40% del producto presentaba estas condiciones.

Con las mejoras propuestas ese 40% únicamente pasa por el área de consigna, lo que reduce el tiempo de almacenaje del producto al no ser transportado a cross dock, en la siguiente tabla se tiene un comparativo del tiempo de estadía del producto en almacén.

	Antes	Después
Días Cross dock	4	3
Días Consigna	7	7
Porcentaje de producto cross dock	100	60
Porcentaje de producto consigna	40	40
Promedio de días en almacén	6.8	4.6

Tabla 4.6 Tiempo de estadía en almacén antes y después de la mejora

CONCLUSIONES

Observando los resultados obtenidos, se puede concluir que se cumplió con el objetivo del trabajo de investigación, ya que se lograron conocer las causas que se debían atacar para el cumplir con el requerimiento del cliente. Así mismo, dichas causas fueron identificadas utilizando una metodología que es parte de la filosofía de la mejora continua.

Analizando cada una de las mejoras implementadas y propuestas, se puede concluir que uno de los factores más importantes dentro de la aplicación de la mejora continua es el enfoque hacia el personal operativo ya que son la base fundamental de los procesos y quienes van a estar utilizando cada una de las implementaciones que se realicen.

En la etapa de mejora, se puede apreciar lo anteriormente mencionado en cuanto al enfoque hacia el operador, y la ergonomía fundamentalmente, cuatro de las implementaciones están encaminadas a la ergonomía del empleado, esto se reafirma cuando se observan las tablas de comparación de productividades, donde las productividades aumentaron en los procesos en los que intervino alguna mejora en cuanto a las herramientas del trabajador como lo es el carro de surtido, las encintadoras, las mesas con separadores y las cajoneras.

Por otro lado, es fundamental para el ingeniero conocer y actualizarse sobre las tecnologías que están surgiendo en el giro de la empresa en la que se esté desarrollando, ya que las mejoras propuestas en cuanto a tecnología, y aunque no se pudieron implementar por falta de inversión por parte del cliente, fueron las que mayores beneficios traerían tanto para la operación dentro del almacén como para el cliente. Así mismo, es importante implementar tecnología, ya que hoy en día la competencia entre las empresas es muy fuerte, y se tiene que ser innovador para poder sobresalir y superar a los competidores.

Como parte de este trabajo de investigación, también se puede concluir que el manejo de ciertas herramientas es fundamental para la aplicación de la mejora continua, dichas herramientas son parte de dos filosofías muy importantes: lean manufacturing y six sigma. En la formación del ingeniero industrial, se considera que dichos conocimientos deben ser parte fundamental de esta formación, ya que son metodologías que hoy en día se aplican en una gran cantidad de empresas y que brindan una ventaja competitiva al Ingeniero que las maneja.

Para el caso de la Facultad de Ingeniería, se sugiere la ampliación y profundización en la presentación de dichas filosofías y herramientas, la inclusión de materias que hoy en día son optativas dentro de plan de estudio como materias base, en dónde se pueda incluir la teoría y aplicación de las herramientas utilizadas para este trabajo de investigación, como lo es el mapeo de la cadena de valor (VSM), la detección de siete desperdicios, y poder ahondar más en la metodología DMAIC fundamental para la aplicación de proyectos six sigma.

ANEXOS

Anexo A.

Productividades cross dock

	EXTENDIDO ANTES DE LA MEJORA	EXTENDIDO DESPUÉS DE LA MEJORA	SURTIDO ANTES DE LA MEJORA	SURTIDO DESPUÉS DE LA MEJORA	VERIFICACIÓN Y EMPAQUE ANTES DE LA MEJORA	VERIFICACIÓN Y EMPAQUE DESPUÉS DE LA MEJORA
	200.507	313.409	67.497	52.227	57.924	56.890
	138.931	320.205	67.784	117.994	93.701	42.478
	174.726	259.418	86.104	74.089	89.742	60.491
	317.262	271.104	96.541	43.052	113.780	137.025
	263.218	181.756	72.405	122.532	104.454	69.257
	301.926	81.015	102.769	111.784	104.454	40.844
	255.219	63.211	61.266	66.372	49.013	94.097
	195.010	136.815	39.331	50.369	53.097	113.780
	248.458	224.866	53.097	74.089	47.550	103.605
	172.642	210.978	45.512	17.999	42.478	71.592
	205.830	120.452	91.024	43.052	42.478	58.997
	153.160	92.976	34.504	50.569	42.478	44.248
	189.730	95.038	45.512	46.851	26.549	79.646
	179.350	183.046	31.858	63.717	35.398	79.646
	299.170	326.955	77.703	52.227	31.234	75.853
	178.640	146.851	93.701	124.811	35.596	35.009
	300.725	170.600	8.850	93.701	60.683	53.097
	293.488	174.290	13.792	51.385	35.796	111.784
	298.980	60.230	25.901	63.717	30.930	80.654
	200.318	92.919	88.496	74.089	31.858	56.387
	294.078	270.496	38.852	47.286	125.757	26.549
	289.939	312.967	8.610	45.512	31.234	30.341
	307.646	279.000	43.642	77.703	21.821	53.097
	180.501	327.486	13.110	109.857	31.858	22.756
	292.511	218.572	84.956	39.782	26.549	35.398
	271.056	307.287	45.512	88.496	20.422	26.549
	218.550	251.547	106.195	44.248	22.595	57.924
	194.546	294.854	106.195	74.089	18.963	42.478
	195.465	319.549	122.532	106.195	48.639	23.599
	170.051	272.587	96.541	114.532	33.535	62.062
MEDIA	232.7211386	212.6826395	62.32637259	71.41083003	50.35218607	61.53777221
DESV. EST.	56.35307739	89.60761948	32.86905048	29.29220349	30.33772607	29.11701679

Anexo B.

Productividades consigna

	SEPARACIÓN ANTES DE LA MEJORA	SEPARACIÓN DESPUÉS DE LA MEJORA	INVENTARIO Y EXTENDIDO ANTES DE LA MEJORA	INVENTARIO Y EXTENDIDO DESPUÉS DE LA MEJORA	SURTIDO ANTES DE LA MEJORA	SURTIDO DESPUÉS DE LA MEJORA
	774.860	784.573	51.242	171.625	98.215	25.398
	1277.728	1369.709	253.218	161.739	212.389	53.694
	408.673	463.726	205.010	85.438	149.922	56.531
	474.585	781.967	65.306	84.844	193.699	43.198
	688.995	1245.632	127.451	88.068	206.873	38.786
	385.115	848.061	261.348	47.826	108.608	26.431
	177.331	517.991	78.469	118.825	132.743	43.097
	305.549	473.613	248.458	55.697	39.823	26.836
	244.174	892.564	123.648	101.046	74.961	95.575
	1023.907	595.342	147.662	92.919	83.938	48.496
	280.750	352.478	95.640	156.815	46.851	33.301
	512.676	489.173	219.384	62.976	53.997	74.089
	1105.454	1201.369	169.048	145.038	91.024	40.110
	709.843	472.831	221.739	86.874	64.547	142.048
	371.206	761.291	239.677	160.698	50.770	24.649
	407.331	799.384	88.361	56.812	46.509	106.195
	299.369	1265.430	135.654	169.936	218.746	117.434
	365.987	221.384	258.976	95.728	174.639	36.195
	198.743	594.574	211.362	170.432	140.177	23.768
	521.945	739.821	159.187	59.213	209.147	138.000
MEDIA	526.7110695	743.5456	168.0420085	108.6274358	119.8789196	59.69155783
DESV. EST.	311.1406326	322.4613765	70.17432996	44.13514963	64.00633861	38.78041668

Anexo C.

Productividades logística inversa

CLASIFICACIÓN DE PRODUCTO ANTES DE LA MEJORA	CLASIFICACIÓN DE PRODUCTO DESPUÉS DE LA MEJORA	
36.164	35.877	
23.599	89.923	
14.547	34.932	
33.892	73.966	
30.930	16.390	
15.099	27.385	
31.858	25.487	
32.509	16.338	
30.055	10.619	
20.587	16.450	
22.595	13.752	
27.464	12.214	
21.526	24.272	
13.973	23.625	
22.595	35.501	
35.796	32.678	
36.619	75.961	
36.203	12.875	
90.059	35.846	
58.725	12.621	
19.545	25.942	
18.740	58.543	
24.135	16.508	
26.772	32.514	
20.587	14.458	
16.886	25.317	
17.409	13.646	
39.823	12.242	
29.038	16.789	
25.284	10.320	
MEDIA	29.1004467	28.43305759
DESV. EST.	14.90482128	20.61809209

SURTIDO PARA RECOLECCIÓN ANTES DE LA MEJORA	SURTIDO PARA RECOLECCIÓN DESPUÉS DE LA MEJORA
86.624	54.994
184.419	24.779
33.325	90.708
59.788	29.204
101.759	81.940
25.436	28.824
19.912	36.703
50.569	27.075
20.851	38.230
32.950	46.645
52.800	36.724
23.140	39.010
86.547	39.494
20.274	24.779
42.138	13.768
26.495	43.943
33.935	8.850
114.501	17.699
34.092	15.929
26.046	70.796
18.698	21.736
182.083	30.261
24.937	25.703
22.534	77.126
19.262	12.479
21.774	57.980
39.863	20.579
18.806	17.254
25.246	80.274
53.320	27.584
50.07077593	38.03566051
44.4000559	22.62367562

BIBIOGRAFIA

Fernandez J. L. (1968), *Almacenaje*, Ediciones Deusto.

Mal O. (1989), *SCP and Continuous improvement*, Editorial Springer-Verlag.

García A. (1995), *Almacenes: planeación, organización y control*, Editorial Trillas, Tercera edición.

Imai M. (1995), *KAIZEN La clave de la ventaja competitiva*, Grupo Editorial Patria.

Hines W., Montgomery D. (1996), *Probabilidad y estadística para ingeniería y administración*, Compañía editorial continental, Tercera edición.

Prado J.C. (2000), *El proceso de la mejora continua en la empresa*, Ediciones Pirámide.

Ruíz-Vargas J., Belinchón M. (2001), *Ergonomía cognitiva*, Editorial Panamericana.

Forrest B. (2003), *Implementing six sigma: smarter solutions using statistical method*.

Molteni R., Cecchi O. (2005), *El liderazgo del Lean Six Sigma*, Segunda edición, Macchi.

Llañeza J. (2006), *Ergonomía y Psicología aplicada: Manual para la formación del especialista*, sexta edición, Editorial Lex Nova.

Rother M., Shook J. (2008), *Learning to see: value-stream mapping to create value and eliminate muda*, The Lean Enterprise Institute.

Sosa D. (2008), *Conceptos y herramientas para la mejora continua*, Editorial Limusa.

Gutierrez . (2010), *Calidad Total y Productividad, tercera edición*, Editorial Mc Graw Hill.

Aristide A., Selahattin K. (2013), *A Guide to Continuous Improvement Transformation: concepts, processes and implementation*, Editorial Springer-Verlag.

Delgado C., CASTELO M. (2013), *Encyclopedia of Corporate Social Responsibilit*, Editorial Springer-Verlag.

PUBLICACIONES

Castells M. (2000), *Internet y la sociedad red*, de Conferencia de presentación del programa de doctorado sobre la sociedad de la información y el conocimiento, Universidad de Cataluña.

Liker K. (2004), *Becoming lean: inside stories of U.S. manufacturers*, Productivity Press, Nueva York.

Chiarini A. (2012), *Lean Thining, Total Quality Control to Lean Six Sigma*, Springer Briefs in Business.

Ferreiro T., Tanco M. , *El comercio electrónico en internet*, de Distribución y Consumo No. 35.