

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

**“Propuesta de implementación de tecnologías de información para
mejoramiento de la gestión de productos farmacéuticos termo sensibles
de una bodega piloto de la empresa ILS Corporation”**

María Daniela Tejada López

Tesis de grado presentada para la obtención del título de Ingeniero Industrial

Quito, Enero del 2012

Universidad San Francisco de Quito

Colegio Politécnico

© Derechos de Autor

María Daniela Tejada López

2012

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado de manera especial a mi familia, sin la cual no me hubiese sido posible alcanzar este logro personal.

Por otra parte dedico este trabajo a todas las personas que no temen ponerse objetivos altos, que buscan mejorar y saben elegir sus sueños para aprovechar las oportunidades.

"Todos nuestros sueños pueden ser verdad si tenemos el coraje de perseguirlos"

(Walt Disney)

Agradecimientos

Son muchas las personas especiales que quiero agradecer por su apoyo, comprensión, ánimo y compañía que hicieron posible que alcance este reto personal de conseguir mi título como Ingeniera Industrial. Todos me han acompañado en diferentes etapas de mi vida y me han impartido lecciones que me permiten ser la persona que soy y buscar constantemente mejorar.

A mi mami, siempre estas a mi lado apoyándome en lo que sea. Gracias por todo el esfuerzo, tu confianza y esa amistad que depositas en mí cada día. Tu fortaleza y decisión han dejado huella en mí.

A mi papi, quien de cerca o de lejos siempre está pendiente de nosotras para brindarnos todo su cariño y más que nada un sin número de lecciones de vida, que han abierto mis ojos a nuevos horizontes. Gracias papi por ser mi mentor y por creer en mí.

A la mejor de todas las hermanas, por ser la mejor amiga que se puede pedir. Por todas esas noches que me acompañas y siempre encuentras como sacarme una sonrisa en mi preocupación. Te quiero mucho ñañita y siempre puedes contar conmigo. Ojalá siempre podamos “hacer” deberes juntas.

A la persona especial que estuvo conmigo a lo largo de la realización de esta tesis, gracias por apoyarme y darme la paciencia que muchas veces necesité.

A todos mis profesores tanto de la universidad como del colegio, que han dejado en mi cada uno un granito diferente y me han ayudado a lograr mis metas y buscar cada vez objetivos más altos. En especial a mi tutora de tesis, Verónica León, por toda la ayuda que me has dado y por todas las demás cosas que hemos compartido. Gracias por ser una gran tutora y una gran amiga.

A todas las personas de las empresas que colaboraron con la realización de este documento. Gracias, por abrirme las puertas y compartir conmigo todo este proceso.

Resumen

Alrededor de 44 000 a 98 000 vidas humanas se pierden anualmente, hoy en día, por errores en los hospitales por fallas médicas evitables. Estos sumado a una cadena de distribución que requiere de gran cuidado, como es aquella que rige el consumo de medicinas muestra que existe una necesidad especial de cuidado y visibilidad de todos los productos que se administran a los pacientes. En respuesta a este contexto la FDA ha impuesto que sea obligatorio el uso de códigos de barra en cada unidad de manejo. Sin embargo, existe una creciente participación de la red de inmunización que hace aun más delicado el manejo de medicinas, exigiendo su mantenimiento dentro de estándares de temperatura controlada desde su producción hasta su administración.

Estas necesidades de mejorar la calidad de los productos que se ofrecen a los clientes se puede cumplir gracias al uso correcto de tecnologías de información que se acoplen a las necesidades de las empresas. De hecho, se puede lograr gran visibilidad dentro y fuera de las instalaciones de las condiciones en las que se mantienen los productos gracias al desarrollo actual de métodos como la codificación de barras bidimensional y los sistemas de comunicación por radiofrecuencia.

Es este el caso de ILS Corporation, empresa ecuatoriana encargada del manejo logístico de productos correspondientes a diversas farmacéuticas de distintas partes del mundo. Dentro de estas se incluye la farmacéutica Pfizer quien ha destinado grandes esfuerzos en el mejoramiento de la administración de su cadena de vacunas y productos sensibles a la temperatura.

Un aspecto importante del manejo de estos productos es la necesidad de mantener una visibilidad a tiempo real de la situación de los bienes a lo largo de procesos decisivos como su recepción, almacenamiento y distribución. Por lo que se propone gracias al presente análisis un plan para la implementación de sistemas de comunicación automatizados que permitan una trazabilidad continua y eficiente. Además, la propuesta incluye posibles cambios en el proceso para hacer de la operación diaria una práctica de mayor sencillez y buscar así el ahorro de recursos.

Abstract

Nowadays, about 44000 to 98000 dead are registered because of avoidable medical failures. If additionally we consider a supply chain that requires great care, as it is the one that governs the use of medicines; we are faced to a special need for care and visibility of all products that are distributed to patients. In response to this context, FDA has required the mandatory use of bar codes in each medical management unit. Moreover, during last centuries the participation of immunization practices are growing, making medicines handle a more delicate process. In fact, vaccines require to be maintained in a controlled temperature margin all across the distribution channel.

These need to improve quality level offered to customers can be met through the correct use of information technologies developed according businesses needs. Greater visibility across the supply chain can be achieved through the ongoing development of methods such as two dimensional bar code and radio frequency communication systems. These technological creations allow every actor of the distribution channel to have accurate information about conditions under which products are maintained.

As a real example of this necessity for greater control we have the case of ILS Corporation an Ecuadorian company, in charge of logistics operations for many worldwide medical brands. One of its clients is the American pharmaceutical company Pfizer. This last company has spent great efforts in improving its supply chain management system for vaccines and temperature controlled goods.

An important aspect of the analyzed products is the requirement for visibility and control across key processes as reception, warehousing, and distribution. This is the main reason to develop the study here exposed, dealing with the required process analysis and project development planning for the incorporation of information technologies allowing continuous verification of goods conditions. Moreover, the study proposes as well some process improvements so as to make daily operation a simpler and economic activity.

Tabla de contenido

Dedicatoria	2
Agradecimientos	3
Resumen	4
Abstract	5
Listado de Anexos	9
Listado de Tablas	10
Listado de Ecuaciones	12
Listado de Ilustraciones	13
Glosario	14
Capítulo 0: Introducción	1
0.1 Introducción	1
0.2 Objetivos	3
0.2.1 Objetivo General	3
0.2.2 Objetivos Específicos	3
0.3 Justificación	4
1. Capítulo 1. Marco Teórico	7
1.1 Control de Producción	7
1.1.1 Descripción de los principios fundamentales de la Planificación y Control de Producción	7
1.1.2 Presentación de lineamientos del Control de la Producción	8
1.1.3 Métodos de control de inventario	17
1.2 Diseño de una Bodega	25
1.2.1 Dimensionamiento del área de recepción y distribución	26
1.2.2 Dimensionamiento del espacio requerido para almacenamiento	26
1.2.3 Dimensionamiento del espacio requerido para la zona de adelante	28
1.3 Simulación	31
1.3.1 Pasos y definición de una simulación	31
1.3.2 Módulos de Arena ®	35
1.4 Gestión de cadena de suministro	36
1.5 Tecnologías de Información	38
1.5.1 Códigos de barra	38

1.5.2	Sistemas de identificación por radiofrecuencia (RFID)	41
1.6	Análisis Económico.....	44
1.6.1	Fundamentos de la Ingeniería Económica.....	44
1.6.2	Modelos para comparación de alternativas económicas	45
2.	Capítulo Dos: Análisis de la situación actual de la Bodega piloto de ILS Corporation.....	48
2.1.	Descripción de la Empresa	48
2.1.1.	Proveedor de servicios Logísticos.....	48
2.1.2.	Cliente piloto.....	50
2.1.3.	Cadena de frío	52
2.1.4.	Instalaciones físicas.....	56
2.1.5.	Gente	57
2.1.6.	Productos.....	58
2.2.	Descripción de los procesos actuales de manejo de bodega.....	59
2.2.1.	Flujo gramas de procesos	59
2.2.2.	Sistema y niveles de inventario actuales	59
2.2.3	Simulación de procesos actuales	60
2.3.	Descripción del sistema actual de Información.....	70
2.3.1.	Descripción del uso actual de los códigos de barra.....	70
2.3.2.	Descripción del software y hardware actual.....	71
3	Capítulo Tres: Análisis de información y propuesta de mejoramiento	74
3.1	Propuesta de mejoramiento del manejo de bodega	74
3.1.1	Estudio previo de niveles de inventario	74
3.1.1.1	<i>Clasificación ABC</i>	74
3.1.1.2	<i>Pronósticos de cantidades a ser almacenadas dentro de la cámara fría</i>	78
3.1.1.3	<i>Inventarios</i>	83
3.1.2	Detalle de la propuesta	88
3.2	Propuesta de actividades a ser mejoradas en procesos de picking y consolidación de pedidos para posterior uso de sistemas tecnológicos	95
3.2.1	Detalle de la propuesta de mejora	95
3.2.2	Flujograma del nuevo proceso de despacho.....	96
4.	Capítulo cuatro: Descripción de la propuesta técnica	97
4.1	Requerimientos y descripción de la aplicación de códigos de barra	97
4.1.1	Características del software.....	98
4.1.2	Características del hardware a ser utilizado	99

4.2	Requerimientos y descripción de la aplicación de tecnologías RFID	100
4.2.1	Características del software necesario.....	101
4.2.2	Características del hardware complementario.....	102
5.	Capítulo cinco: Análisis de factibilidad y plan de implementación del proyecto	105
5.1	Análisis económico de factibilidad del proyecto propuesto.....	105
5.2	Plan de implementación	108
5.3	Mejoras esperadas mediante la aplicación del proyecto.....	111
	Conclusiones y recomendaciones.....	113
	Conclusiones:	113
	Recomendaciones:.....	115
	Bibliografía	118
	Anexos.....	120

Listado de Anexos

Anexo 1: Layout de la bodega Pfizer-ILS	121
Anexo 2: Layout cuarto 1 WBB (2D y 3D)	122
Anexo 3: Layout cuarto de refrigeración 2 (PAH)	123
Anexo 4: Organigrama del personal de ILS en Pfizer	124
Anexo 5: Flujo gramas de procedimientos de cadena de frío.....	125
Anexo 6: Identificación de actividades a ser configuradas gracias a aplicación de tecnologías	129
Anexo 7: Procesos automatizados de manejo de productos de cadena de frío.....	133
Anexo 8: Detalle de Clasificación ABC para productos WBB	137
Anexo 9: Descripción de la clasificación ABC para productos PAH	138
Anexo 10: Detalle de pronósticos para productos WBB	139
Anexo 11: Detalles de pronósticos para productos PAH	145
Anexo 12: Layout propuesto para cámaras de refrigeración	152
Anexo 13: Clasificación de productos dentro de las cámaras de refrigeración	154
Anexo 14: Project Chárter	158
Anexo 15: Descripción de alcances de cada fase del proyecto	159
Anexo 16: WBS del proyecto	162
Anexo 17: Modelo de Simulación para procesos considerados en el análisis.....	163
Anexo 18: Animaciones de la simulación en tiempos diferentes	164
Anexo 19: Distribuciones de probabilidad de datos recolectados para simulación	167

Listado de Tablas

Tabla 1: Costos de inventario (Hodson 10.63)	18
Tabla 2: Beneficios de la gestión de cadena de suministro	37
Tabla 3: Elementos de la gestión de cadena de suministro	37
Tabla 4: Detalle de Códigos Bidimensionales.....	40
Tabla 5: Resumen de tiempo en colas y trabajos en modelo simulado (Arena Rockwell)	69
Tabla 6: Distribución ABC para productos WBB	75
Tabla 7: Clasificación de productos WBB en categorías ABC	76
Tabla 8: Resumen de clasificación ABC para productos PAH	76
Tabla 9: Clasificación de productos PAH en rangos ABC.....	77
Tabla 10: Métodos de pronósticos para productos WBB	79
Tabla 11: Métodos de pronósticos para productos PAH	80
Tabla 12: Cantidades a almacenar en cámara de productos WBB de cadena de frío.....	81
Tabla 13: Cantidades a almacenar en cámara de productos PAH de cadena de frío.....	81
Tabla 14: Diferencias entre cantidades pronosticadas para productos WBB (Elaboración propia).....	82
Tabla 15: Diferencias entre cantidades pronosticadas para productos PAH (Elaboración propia).....	82
Tabla 16: Información requerida para la resolución de modelos (Q,R) (software WinQSB)	84
Tabla 17: Distribuciones de probabilidad para pronósticos de productos WBB (Elaboración propia)	86
Tabla 18: Distribuciones de probabilidad para pronósticos de productos PAH (Elaboración propia)	86
Tabla 19: Niveles de inventario en SKU's para productos WBB de clasificación A y B (Elaboración propia)	88
Tabla 20: Niveles de inventario en SKU's para productos PAH de clasificación A y B (Elaboración propia)	88
Tabla 21: Ancho de pasillos recomendados para diferentes tipos de flujo (Tompkins, White y Bozer 115).....	92
Tabla 22: Determinación de número de ubicaciones destinada a cada clasificación (Elaboración propia)	94
Tabla 23: Asignación de estanterías para cada clasificación de bienes minimizando la distancia recorrida para cámara WBB (Elaboración propia).....	95
Tabla 24: Asignación de estanterías para cada clasificación de bienes minimizando la distancia recorrida para cámara PAH (Elaboración propia)	95
Tabla 25: Funcionalidades de los diferentes componentes del sistema requerido para el uso de códigos de barra (Masrouf)	99
Tabla 26: Descripción del hardware requerido y sus cantidades (Masrouf)	100
Tabla 27: funcionalidades del software para automatización de gestión de bodega (Barreto).....	102
Tabla 28: Requisitos de Hardware para aplicación de sistemas RFID	104
Tabla 29: Matriz de Roles y Funciones para proyecto (Elaboración propia)	108

Tabla 30: Detalle de clasificación ABC para productos WBB	137
Tabla 31: Detalle de clasificación ABC para productos PAH.....	138
Tabla 32: Pronósticos P3-WBB (Elaboración propia- software WinQSB).....	139
Tabla 33: Pronósticos P8-WBB (Elaboración propia - software WinQSB).....	140
Tabla 34: Pronósticos P4 -WBB (Elaboración propia-- software WinQSB)	141
Tabla 35: Pronósticos P6-WBB (Elaboración propia-- software WinQSB)	142
Tabla 36: Pronósticos P7-WBB (Elaboración propia-- software WinQSB)	143
Tabla 37: Pronósticos P11-WBB (Elaboración propia-- software WinQSB)	144
Tabla 38: Pronósticos P1-PAH (Elaboración propia-- software WinQSB)	145
Tabla 39: Pronósticos P2-PAH (Elaboración propia-- software WinQSB)	146
Tabla 40: Pronósticos P4-PAH (Elaboración propia-- software WinQSB)	147
Tabla 41: Pronósticos P5-PAH (Elaboración propia- software WinQSB).....	148
Tabla 42: Pronósticos P7-PAH (Elaboración propia- software WinQSB).....	149
Tabla 43: Pronósticos P8-PAH (Elaboración propia- software WinQSB).....	150
Tabla 44: Pronósticos P9-PAH (Elaboración propia- software WinQSB).....	151
Tabla 45: Project Chárter para proyecto de uso de códigos de barra en productos de cadena de frío (Elaboración propia- Propuesta técnica (Masrou)).....	158
Tabla 46: Definición de alcance de la Fase 1 del proyecto (Elaboración propia)	159
Tabla 47: Definición de alcance de la Fase 2 del proyecto (Elaboración propia)	160
Tabla 48: Definición de alcance de la Fase 3 del proyecto (Elaboración propia)	161
Tabla 49: Definición de alcance de la Fase de planificación y administración del proyecto (Elaboración propia)	161

Listado de Ecuaciones

Ecuación 1: Promedios móviles (Chapman 26)	12
Ecuación 2: Suavizamiento exponencial simple (Chapman 26)	12
Ecuación 3: Método Holt (Nahmias 76-77)	13
Ecuación 4: Método de Winter (Nahmias 83-84).....	14
Ecuación 5: Cálculo de componentes de serie.....	14
Ecuación 6: Estimación de pendiente inicial	15
Ecuación 7: Cálculo de factores estacionales	15
Ecuación 8: Cálculo de nivel actual	15
Ecuación 9: Cálculo de tendencia.....	15
Ecuación 10: Cálculo de factores estacionales	16
Ecuación 11: Cálculo de pronósticos.....	16
Ecuación 12: Cálculo de error del pronóstico (Stevenson 104)	16
Ecuación 13: Cálculo del costo total de inventario	23
Ecuación 14: cálculo de r_i	23
Ecuación 15: Cálculo de faltante esperado.....	23
Ecuación 16: Cálculo de cantidad óptima de pedido.....	23
Ecuación 17: Determinación de número de puertas requeridas	26
Ecuación 18: Número mínimo de ubicaciones en almacenamiento	27
Ecuación 19: Determinación de longitud de área de almacenamiento (en x)	27
Ecuación 20: Determinación de longitud de área de almacenamiento (en y)	27
Ecuación 21: Determinación de número de ubicaciones en y.....	27
Ecuación 22: Determinación de número de ubicaciones en x.....	27
Ecuación 23: Modelo de ubicación óptima de productos (Ghiani, Laporte y Musmanno 176).....	29
Ecuación 24: Cálculo de tiempo promedio de viaje (Ghiani, Laporte y Musmanno 176)	30
Ecuación 25: Cálculo de longitud de corrida para población normal con más de 30 datos (Ortiz 90)	33
Ecuación 26: Cálculo de longitud de corrida para población normal con menos de 30 datos (Ortiz 90).....	34
Ecuación 27: Cálculo de longitud de corrida para población no Normal (Ortiz 90).....	34
Ecuación 28: Cálculo de valor anual neto (Blank, Leland y Tarquin 60-70).....	45
Ecuación 29: Cálculo de la cantidad de gradiente (Blank, Leland and Tarquin)	46
Ecuación 30: Cálculo de la anualidad total (Blank, Leland and Tarquin).....	46
Ecuación 31: Valor anual uniforme equivalente (Blank, Leland and Tarquin).....	46
Ecuación 32: Valor anual uniforme equivalente (Blank, Leland and Tarquin).....	46
Ecuación 33: Valor actual neto (Blank, Leland and Tarquin).....	47
Ecuación 34: Ecuación para cálculo de valor futuro (Blank, Leland and Tarquin)	47

Listado de Ilustraciones

Ilustración 1: Pasos de una simulación (Banks, 15)	32
Ilustración 2: Flujo de la cadena de suministro (Stevenson)	36
Ilustración 3: Configuración numérica del código de barras GTIN-8 (EAN/UCC-8) ...	39
Ilustración 4: Esquema de funcionamiento de RFID pasivo (Portillo, Bermejo y Bernardos)	43
Ilustración 5: Cadena de valor de la red de distribución de Pfizer ILS (Elaboración propia).....	55
Ilustración 6: Distribución ABC para productos WBB	75
Ilustración 7: Gráfico de clasificación ABC para productos PAH.....	77
Ilustración 8: Ubicación del tag RFID en cajas de productos líquidos (Gor).....	107
Ilustración 9: Cronograma de actividades para proyecto de gestión de despachos mediante códigos de barra (Elaboración propia) (Masrou).....	110
Ilustración 10: Layout 2D cuarto WBB (Elaboración Propia)	122
Ilustración 11: Layout 3D cuarto WBB (Elaboración Propia)	122
Ilustración 12: Layout 2D cuarto PAH (Elaboración Propia)	123
Ilustración 13: Layout 3D cuarto PAH (Elaboración Propia)	123
Ilustración 14: Organigrama (ILS Corporation)	124
Ilustración 15: Layout 3D de la cámara WBB y estanterías destinadas a cada nivel de producto (Elaboración propia).....	155
Ilustración 16: Layout 3D para cámara PAH y estanterías destinadas a cada grupo de productos (Elaboración propia)	157
Ilustración 17: WBS del plan de proyecto (Elaboración propia).....	162
Ilustración 18: Animación de la simulación previa a la corrida del modelo (Elaboración propia).....	164
Ilustración 19: Animación de la simulación durante la corrida del modelo (Elaboración propia).....	165
Ilustración 20: Animación de la simulación posterior a la corrida del modelo (Elaboración propia)	166

Glosario

Bodecomsa: Bodegas y Comercio S.A.	ODM: Objetivos del Milenio
Copeq: Corporación Petrolera Equinoccial S.A.	PAH: Productos Animal Health
DSS: Sistema de Soporte de Decisión	PAI: Programa ampliado de inmunización
EAN.UCC: Uniform Code Council/EAN International	RFID: Radio Frequency Identification
EHCR: Respuesta de los consumidores para cuidados de la salud Eficientes	Servilogistics: Integrated Logistics Services S.A
EOQ: Economic Order Quantity	SKU: Stock-Keeping Unit
FDA: Food And Drugs Administration	TIR: Tasa Interna de Retorno
GTIN: Global Trade Item Number	TMAR: Tasa Mínima aceptable de rendimiento
HIBCC: Healthy Industry Business Communication Council	UPN: Número universal del producto
ILS: Integrated Logistics Systems	VAN: Valor Anual Neto
IOM: Instituto de Medicina	VMI: Vendor Managed Inventory
MAD: Mean Average Deviation	WBB: Productos Salud Humana Pfizer
MAPE: Mean Average Percent Error	WIP: Work in Progress
MSE: Mean Standard Error	WMS: Warehouse management system
NDC: National Drug Code	

Capítulo 0: Introducción

0.1 Introducción

Actualmente, la administración de la cadena de suministro ha comenzado a adquirir una gran importancia en diversas industrias. Esto se debe sobre todo a la importancia de poseer un control de los existentes que permitirán satisfacer los requerimientos cada día más exigentes de un mercado globalizado. Gracias a este nuevo entorno en el cual se desenvuelven los mercados actuales, se ha favorecido el desarrollo de nuevas tecnologías. Estas tienen como objetivo el facilitar el registro exacto y preciso de inventarios.

Dos de estos grandes desarrollos tecnológicos son, tanto el mejoramiento del desempeño de códigos de barra, como la aparición de sistemas de monitoreo mediante ondas de radio (RFID). A su vez, se han realizado mejoras importantes a estas tecnologías, como por ejemplo la aparición de códigos bidimensionales y su importancia como respuesta al mayor reclamo hecho a los sistemas RFID que se han hecho hasta el presente, su costo. Sin embargo, cabe recalcar que el nivel de trazabilidad o la rapidez en procesamiento son características asignables únicamente a los sistemas de radio.

Pese a la existencia de diversos puntos de vista que justifiquen el uso de una u otra solución tecnológica, es necesario recalcar que la presencia de ambas en el mercado es y será de gran importancia en las industrias, facilitando la trazabilidad y manejo en cuanto a procesos de recepción, almacenamiento y despacho, se refiere. Es por esto que lo significativo no es solo considerar la tendencia mundial existente encaminada hacia el

uso de sistemas de radiofrecuencia, más también la realidad de cada empresa y su acople a cada modalidad de automatización.

Es importante relacionar estas nuevas tecnologías con su futuro en uno de los productos más sensibles del mercado, el área farmacéutica. Actualmente, existe un gran número de fármacos que requieren que el manejo previo a su administración al paciente, se la haga dentro de un rango de temperaturas limitadas entre 2 y 8°C; específicamente se trata de productos de inmunización, como las vacunas. Por otro lado, se ha determinado que uno de los eslabones más sensibles en el proceso de manejo de estos productos es el transporte. Es a lo largo de esta actividad que la importancia de tener acceso a la información de condiciones del producto en tiempo real y de manera exacta se vuelve a la vez un desafío y una necesidad.

Es por esto que el presente documento busca proponer un plan de mejoras posibles durante el transporte, almacenamiento y recepción de productos sensibles a cambios de temperatura; enfocadas en mejorar la capacidad de manejar información en tiempo real y preciso. Es necesario además que permita no solo monitorear las condiciones en las que se halla el producto, más también tomar acciones preventivas y correctivas. De esta manera se llegaría a asegurar un producto despachado en óptimas condiciones para su consumo.

Así, el presente documento trata el análisis de las condiciones actuales de dos empresas encargadas de la distribución nacional de fármacos y vacunas. La primera representante de la marca a nivel nacional, y la segunda presta los servicios de manejo logístico. Para las dos entidades es de suma importancia mantener alto nivel de transparencia y control en cuanto al manejo de sus inventarios. Es por lo que se busca proponer la aplicación de

una solución tecnológica que facilite la visibilidad y administración de las cantidades de producto que se mantienen al interior de las instalaciones.

Previo a la exposición de la aplicación de la solución tecnológica y el análisis de la solución más acorde con la realidad de la coexistencia de las dos empresas; es necesario complementar el estudio con un diagnóstico de la situación actual tanto de pronósticos como de inventarios y su manejo al interior de los espacios destinados a su conservación.

0.2 Objetivos

0.2.1 Objetivo General

Analizar la manera óptima en la que se puede incluir tecnologías de almacenamiento RFID y códigos de barra en las actividades de distribución de vacunas en las instalaciones de Pfizer-ILS Corporation y desarrollar un plan que determine su implementación.

0.2.2 Objetivos Específicos

- Familiarizarse con la situación actual de la empresa en cuanto a sistemas de manejo de inventario y distribución
- Evaluar los posibles beneficios del uso de sistemas de información automáticos a lo largo de procesos decisivos
- Presentar las ventajas de trazabilidad de producto que acarrearán estas tecnologías en la cadena de suministro
- Evaluar las mejoras esperadas en el sistema de manejo de inventarios

0.3 Justificación

Actualmente, en su reporte *Errar es Humano: Forjando un Sistema de Salud más seguro*, el Instituto de Medicina (IOM) estima que alrededor de 44 000 a 98 000 vidas humanas se pierden anualmente por errores en los hospitales relacionados a faltas médicas evitables. Estos datos permiten concluir que el sistema médico actual no es una modalidad suficientemente segura. Además se estima que los costos asociados a estos eventos previsibles en la salud oscilan entre 8.5 millones y 14.5 mil millones de dólares (Kohn, Corrigan y Donalson). Montos a los cuales debe incluirse el costo de oportunidad, como el de las medicinas que se gastan y la pérdida de confianza del paciente frente al sistema de salud.

Por otro lado en el plano nacional se afirma que “Otro de los problemas que aqueja a hospital(es) es la escasez de medicamentos” (El Comercio , 28 de Enero 2011) . De hecho, la falta de medicamentos en los dispensarios y farmacias ha sido un problema recurrente dentro del servicio de salud pública del Ecuador. No en vano el gobierno, mediante su intermediario el Ministerio de Salud, ha señalado que actualmente se halla gestionando la cantidad de \$25 millones de dólares para la compra de medicinas. Sin embargo, puede que esta falta latente de aprovisionamiento de medicamentos e insumos quirúrgicos esté estrechamente relacionada a una gestión insuficiente en cuanto a la cadena de abastecimiento de dicho producto.

A esto se le añade el hecho que hoy en día, la Organización Mundial de la Salud considera que la “inmunización es una de las intervenciones sanitarias más potentes y eficaces en relación a sus costo”. De hecho, tras la cumbre del 2000 donde se definieron los objetivos del Milenio (ODM), los dirigentes mundiales se comprometieron a reducir la pobreza y mejorar el desarrollo humano. Dentro de dichos objetivos se planteó el de

erradicar la mortalidad de niños menores de cinco años alrededor del mundo. Dentro de este escenario, la implicación que tiene la inmunización es fundamental y tiene cada día una participación de mayor importancia en cuestiones de salud pública. (Organización mundial de la Salud) Lo que se traduce en una mayor necesidad tanto de producción como de abastecimiento de vacunas no solo a nivel mundial, más también en el plano nacional.

De igual manera, la FDA (Foods and Drugs Administration) ha respondido frente a las alarmantes cifras enunciadas anteriormente con la emisión de una exigencia para el etiquetado farmacéutico con códigos de barras a nivel de unidad de uso y el gobierno americano está invirtiendo altas sumas de dinero para que los pacientes se beneficien del uso de tecnologías de información hasta el 2014. Esta entidad ha concluido que con el uso de códigos de barra tanto en el producto, su distribución y su administración al paciente se evitaría alrededor de 500 000 eventos adversos. (Zebra Technologies)

Dentro de este contexto se halla tanto la farmacéutica estadounidense Pfizer, como su operador logístico en Ecuador ILS Corporation. Es necesario que ambas partes hagan avances en el uso de tecnologías de la información para asegurar su importante participación en el mercado tanto nacional como internacional. Igualmente, el posible uso de codificación de barras o sistemas de comunicación por radio frecuencia RFID poseen una serie de ventajas como:

- Lectura automatizada
- Menor requerimiento de trabajo por operadores
- Fechas de lectura actualizadas
- Mayor capacidad de datos
- Posibilidad de incluir información del producto

- Minimizar errores de causa humana
- Obtener información más completa que permita la planificación operacional

Las cuales no solo representan una mejora en la operatividad diaria de las empresas, más son la posible solución a problemas actuales del desempeño de las actividades conjuntas entre las dos empresas. Por ejemplo, se puede ver que el realizar un inventario manual completo de las existencias dentro de la bodega es de alto impacto económico para la farmacéutica lo cual se podría minimizar a largo plazo mediante el uso de herramientas tecnológicas que permiten la actualización casi automática del registro de inventarios, con errores mínimos o inexistentes.

Además, hoy en día es posible ver que la interrelación laboral de las dos empresas se guía por el uso tanto de sistemas de comunicación como de planificación de las dos de manera independiente y simultánea. Sin embargo, esto no solo representa mayor esfuerzo en cuanto a mano de obra, pero también significa mayor esfuerzo en el mantenimiento y actualización del banco de datos, haciendo más complicada su revisión y uso con fines operacionales. Esto puede ser mejorado mediante el uso de tecnologías de codificación de barra o RFID ya que se pueden considerar como el primer paso para el posterior manejo de las bodegas mediante un WMS (Warehouse management system) integral.

Por otro lado, existe el factor del alto costo de inventario en cuanto a productos de cadena de frío, monto que hace necesario no solo el optimizar las cantidades que se manejen dentro de la bodega, más también asegurar que su despacho se realice dentro de las condiciones requeridas para la eficacia de su administración a en los pacientes.

1. Capítulo 1. Marco Teórico

1.1 Control de Producción

1.1.1 Descripción de los principios fundamentales de la Planificación y Control de Producción

Se considera que el principal objetivo de toda organización, sin depender de su tamaño, es generar algún tipo de producto o servicio. Para que la empresa haga de sus procesos, sistemas efectivos y eficientes que garanticen la mejor atención a sus clientes, se deben aplicar ciertos principios para la “óptima planificación de la producción y para controlar el procesos que lo origina” (Chapman 1).

Las diferencias de ambientes existentes entre los sistemas de servicios y de manufacturas, hacen que la aplicación de procesos de planeación y control sea más compleja en el área de servicios. Esto se debe a tres factores: la oportunidad, el contacto con el cliente, la calidad y el inventario.

En primer lugar, la oportunidad, en las organizaciones de servicios se considera como el poco tiempo existente para el reconocimiento de la demanda y la entrega óptima del pedido. Esta capacidad de respuesta para muchas instituciones es determinante en su selección y mejoramiento de su participación en el mercado. Por otra parte, en las áreas de servicio el contacto con el cliente conserva una estrecha relación con la capacidad de respuesta antes mencionada. Por último, el inventario en una entidad orientada a ofrecer servicios, se puede considerar como la capacidad que tiene la empresa a organizarse para cumplir con la demanda real de sus servicios (Chapman 2-4).

1.1.2 Presentación de lineamientos del Control de la Producción

Previo a la planificación y programación de la producción debe existir una evaluación del comportamiento pasado de la demanda del cliente. Acto seguido, se debe llevar a cabo un plan de producción, el mismo que depende del tipo de sistema de inventario que se prefiera en la empresa, estos componentes se detallarán a continuación.

1.1.2.1 Definición de Pronósticos

1.1.2.1.1 Métodos para elaboración de pronósticos

Todo sistema de planificación debe basarse en la demanda real o estimada del cliente, esto se debe a que muchas veces el usuario desea que se le entregue inmediatamente el producto o servicio requerido; mientras que en su lugar de origen el tiempo de producción o de entrega de la prestación suele diferir del tiempo esperado por el mercado. Para evitar el descontento y posible pérdida de la clientela, la producción debe anticiparse a la demanda real. Es por esto que se han desarrollado métodos que permiten la estimación. (Nahmias 54-55)

Existen pronósticos de varios tipos, que se implementan para diferentes propósitos y sistemas de producción. Con la finalidad de determinar el que se adapte de mejor manera al entorno en cuestión, se debe tener en cuenta un factor decisivo: el horizonte temporal en el cual se manejen dichas expectativas futuras. Se ha determinado que los pronósticos a corto plazo son esenciales para la óptima planificación de las operaciones diarias, como en casos relacionados con la administración de inventarios o la planeación de recursos. Por otro lado, se asocia el mediano tiempo, a decisiones que incluyan manejo de requerimientos de mano de obra, de recursos o ventas de familias de productos. Por último, a largo plazo se manejan decisiones que se extienden a meses y

años como los requerimientos de capacidad, patrones de ventas o tendencias de crecimiento. (Nahmias 54-55)

Existen dos métodos fundamentales para la elaboración de pronósticos. La primera herramienta, o métodos cualitativos, busca generar estimaciones a partir de “información que no tiene una estructura analítica definida” (Chapman 18). Su uso es importante en el caso de no disponer información histórica que permita realizar un análisis a profundidad; como en el caso del lanzamiento de un nuevo producto al mercado. En general este tipo de estimaciones suelen ser:

- Basados en el juicio personal, de las personas involucradas.
- Tiende a ser subjetivo y usualmente considera el escenario más positivo para el desenvolvimiento de los hechos.
- Su uso continúa siendo importante, ya que permite tener resultados rápidamente.
- Es un método común para productos individuales o familias de productos, mas no se los usa para estudiar el comportamiento completo de un mercado.

(Chapman 18)

Por otro lado, las metodologías más comunes dentro de la rama de los pronósticos cualitativos son las encuestas a mercados, el método Delphi, pronósticos por analogía de ciclo de vida y valoración basada en información. Las encuestas al mercado incluyen cuestionarios que se envían a los clientes y a aquellos que se consideran potenciales, para pedirles su información con la finalidad de determinar sus requerimientos dentro de un corto plazo de tiempo. El consenso del panel o método Delphi, utiliza especialistas del área para desarrollar una encuesta. De hecho, consideraran los diferentes factores que pueden alterar la demanda para llegar a determinar un pronóstico, para los productos en cuestión. Así, la analogía por ciclo de vida se usa

cuando el producto es lanzado por primera vez al mercado. Este método se basa en el hecho de que todo servicio o producto posee un ciclo de vida característico que determinará su existencia en el mercado. Por último, la valoración basada en información trata de reunir los pronósticos individuales del área de ventas para consolidarlos en una proyección de negocios para el futuro. (Chapman 18-21)

Por otra parte, la segunda herramienta toma en consideración información histórica de la presencia de productos en el mercado para determinar pronósticos. Este análisis del material recopilado se denomina pronósticos cuantitativos, dentro de los cuales se destacan tanto el método causal, como las series de tiempo. Mientras que el primero busca ante todo determinar la relación entre las variables, los métodos de series de tiempo asumen que el patrón de la demanda pasada se replicará en el futuro. (Chapman 18-21)

Según Nahmias el método causal tiene como características determinantes las siguientes (Nahmias):

- Se basa en el hecho que una variable medible afecta el desempeño de otra.
- Se lo utiliza comúnmente para determinar el comportamiento de un mercado o de un sector por completo, más se dificulta el uso para productos individuales.
- Su uso suele tomar bastante tiempo y recursos económicos ya que se deben determinar correctamente las relaciones entre las variables.

Entre los modelos más comunes del método causal se hallan aquellos de entrada y salida, los modelos econométricos, los de simulación y los de regresión (Chapman 22-23). De manera complementaria, los procedimientos de serie de tiempo asumen que la única variable independiente en la determinación de proyecciones es el período de

tiempo. Su uso es amplio ya que a diferencia de los métodos enunciados anteriormente, no requieren el conocimiento de las condiciones externas. Gran parte de los modelos de series de tiempo buscan basarse en métodos matemáticos para reflejar ciertos patrones de la demanda pasada conocida. Se detallarán a continuación:

1.1.2.1.2 Herramientas matemáticas de elaboración de pronósticos

Patrones recurrentes en la demanda

El primero es el patrón aleatorio, el cual representa el nivel de imprecisión que toda demanda posee de manera característica. De hecho, pese a que se conozca los requerimientos del mercado, la compra de los productos nunca está garantizada totalmente. Este patrón es aquel que relaciona la realidad de la demanda al error inherente del pronóstico.

Del mismo modo, puede existir un patrón de tendencia tanto creciente o decreciente. La tendencia puede ser tanto lineal como no lineal. Es decir que el comportamiento real del consumidor puede tender a aumentar o disminuir de manera sostenida, lo cual da una visibilidad de la tendencia de su comportamiento.

El patrón denominado estacional considera datos que fluctúan de acuerdo a algún factor temporal en intervalos constantes de tiempo, períodos que deben no sobrepasar más de un año. En el patrón cíclico que es similar al esquema estacional, se amplía el horizonte de tiempo considerado a más de un año. (Elsayed y Boucher)

Modelos matemáticos

Las aplicaciones matemáticas deben adaptarse a cada uno de los patrones descritos anteriormente. En primer lugar se describirá el primer grupo de modelos que pretenden suavizar los patrones aleatorios. El uso de estos se lleva a cabo en el caso de que no se

presente rastros de tendencia ni estacionalidad en la demanda real. Acto seguido se explicarán los métodos enfocados en analizar información que posea una tendencia, para terminar con el análisis de las herramientas propuestas en el caso de patrones de tipo estacional.

El primer instrumento para suavizar el patrón aleatorio son los promedios simples, equivalentes al promedio matemático de los últimos datos recopilados de la demanda real. (Chapman 26)

$$F_t = \frac{A_{t-n} + A_{t-n+1} + \dots + A_{t-1}}{n}$$

Ecuación 1: Promedios móviles (Chapman 26)

Si lo que se busca es asignar mayor influencia a ciertos puntos de la información recolectada se le puede asignar pesos a la demanda real; lo que permite realizar promedios móviles ponderados. Por último, se puede recurrir al suavizamiento exponencial simple, si se busca disminuir el efecto del patrón aleatorio. Este método obtiene el pronóstico tomando la estimación del período anterior y le añade parcialmente parte del error característico de dichas estimaciones. El suavizamiento exponencial simple, incluye una constante de suavización o alpha. Este valor se comprende entre cero y uno y se refiere a la importancia en que debe darse al error del pronóstico anterior. Se calcula gracias a:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1})$$

Ecuación 2: Suavizamiento exponencial simple (Chapman 26)

Dónde:

α : Constante de suavización

F_{t-1} : Pronóstico en t-1

A_{t-1} : Demanda real en tiempo t-1

En el caso de que haya predisposición a un patrón de continuo, se recomienda se use métodos de regresión. Por otro lado, se recomienda igualmente recurrir al método de suavizamiento exponencial doble o método Holt. Este requiere la especificación de dos constantes de suavizamiento que se utilizarán en dos ecuaciones, la primera para determinar la intercepción y la siguiente para determinar la pendiente (Nahmias 76-77).

$$FT_t = S_{t-1} + T_{t-1} \quad (1)$$

$$S_t = FT_t + \alpha (A_t - FT_t)$$

$$T_t = T_{t-1} + \beta (FT_t - FT_{t-1} - T_{t-1})$$

Ecuación 3: Método Holt (Nahmias 76-77)

Donde

FT_t : Pronóstico con tendencia en el período t

S_t : Promedio del pronóstico en el período t

T_t : Estimación de la tendencia en el período t

A_t : Valor de la observación en el período t

α : Constante de suavizamiento para el promedio ($0 < \alpha \leq 1$)

β : Constante de suavizamiento para la tendencia ($0 < \beta \leq 1$)

En caso de que los datos recolectados consideren tanto un patrón de tendencia, como el efecto de la estacionalidad se puede recurrir al método de Winters. La ventaja es que su actualización no es complicada al agregarle más datos al análisis. El modelo matemático relacionado es de la manera siguiente:

$$D_t = \mu + G_t c_t + \epsilon_t$$

Ecuación 4: Método de Winter (Nahmias 83-84)

Dónde:

μ : Señal base o intercepción al inicio del estudio ($t=0$) excluyendo estacionalidad

G_t : Componente de tendencia o pendiente

c_t : Componente estacional multiplicativo en período t

ϵ_t : Componente del error

Asumiendo que cada estación dura N períodos y la suma de los componentes estacionales es igual al total de períodos N , se recurre al uso de tres ecuaciones en cada período para el cálculo de la serie sin considerar la estacionalidad, “los factores estacionales y la tendencia” (Nahmias 83-84). Dicho modelo considera las constantes de suavizamiento α , β y γ .

Previo al cálculo de pronósticos mediante el método Winters se debe inicializar sus componentes de serie, pendiente y factores estacionales. Para esto existen diferentes métodos de iniciar el cálculo de los factores de serie de la demanda real. Sin embargo usualmente se sugiere que se calcule de manera separada la media muestral para mínimo dos series de datos del pasado, siendo:

De acuerdo a Steven Nahmias (Nahmias 83-84)

$$V_1 = \frac{1}{N} \sum_{j=-2N+1}^{-N} D_j$$

$$V_2 = \frac{1}{N} \sum_{j=-N+1}^0 D_j$$

Ecuación 5: Cálculo de componentes de serie

Para las dos primeras series de datos históricas disponibles.

Gracias a esto, se puede definir que el estimado de la pendiente inicial es:

$$G_0 = \frac{(V_2 - V_1)}{N}$$

Ecuación 6: Estimación de pendiente inicial

Sea $S_0 = V_2 + G_0 \frac{N-1}{2}$ el valor estimado de la serie en tiempo cero.

Para obtener el conjunto de factores estacionales se deben calcular los mismos para cada periodo del cual se tenga disponibilidad de datos, de la siguiente manera:

$$c_t = \frac{D_t}{V_i - \frac{N+1}{2-j} G_0} \quad \text{Para } -2N + 1 \leq t \leq 0$$

Ecuación 7: Cálculo de factores estacionales

Donde i representa la estación y j el período de la estación.

Por último se recomienda normalizar los factores estacionales es decir, dividir cada uno a la suma total de los factores y multiplicarlo por el número de períodos.

Acto seguido para implementar el método Winters, se calcula en nivel actual de la serie sin considerar el factor estacional (S_t), lo cual se logra calculando:

$$S_t = \alpha \frac{D_t}{c_{t-N}} + (1 - \alpha)(S_{t-1} + G_{t-1})$$

Ecuación 8: Cálculo de nivel actual

A esto se le añade el cálculo de la tendencia:

$$G_t = \beta S_t - S_{t-1} + (1 - \beta)G_{t-1}$$

Ecuación 9: Cálculo de tendencia

Y aquel que considera los factores estacionales:

$$c_t = \gamma \frac{D_t}{S_t} + (1 - \gamma)c_{t-N}$$

Ecuación 10: Cálculo de factores estacionales

Así, tras estos cálculos se llega a establecer el pronóstico en el futuro gracias a:

$$F_{t,t+\tau} = (S_t + \tau G_t)c_{t+\tau-N}$$

Ecuación 11: Cálculo de pronósticos

Donde $t + \tau$ corresponde al período futuro.

Error del Pronóstico

Dado que la estimación del futuro no corresponde al desempeño real, el pronóstico elaborado de la demanda tiene cierto grado de error. Esta propiedad debe ser correctamente expresada como desviación estándar estadística, varianza o desviación absoluta media. (Ballou 301) Se puede realizar la estimación de mismo calculándolo de las siguientes maneras:

$$MAD = \frac{\sum e}{n}$$

$$MSE = \frac{\sum e^2}{n-1}$$

$$MAPE = \frac{\sum \frac{e_t}{Demanda_t} \times 100}{n}$$

Ecuación 12: Cálculo de error del pronóstico (Stevenson 104)

El MAD se conoce como la desviación media absoluta de los errores generados al realizar los pronósticos a lo largo de un período de tiempo en el cálculo. (Elsayed y Boucher 51) Se traduce como una medida del error global de la estimación, calculada sumando los valores absolutos de las desviaciones entre los valores reales y los

pronósticos generados, las cuales se divide entre el número de períodos estimados.
(Investigación de Pronósticos)

Por otro lado, el MSE o Error Cuadrado Medio es el promedio de las diferencias al cuadrado entre el pronóstico y los valores observados. (Investigación de Pronósticos)

Por último el MAPE o Error porcentual medio absoluto es el porcentaje del promedio entre los pronósticos y los valores reales. Expresando así la desviación como porcentaje de los valores observados. (Investigación de Pronósticos)

1.1.3 Métodos de control de inventario

Actualmente, el manejo de inventarios es uno de los retos de mayor importancia en el manejo de la producción. Pese a que se consideran como un activo en el balance de una compañía, los mismos tienden a reflejar la eficiencia del manejo del proceso productivo. Así, se puede ver al inventario como un mal necesario, dado que su no se puede prescindir de su existencia, pero el mantenerlos incurre en altos costos.
(Chapman 100)

Dentro de la primera categoría cabe resaltarse que el inventario debe ser analizado de manera distinta si su origen es la demanda independiente (fuentes ajenas a la compañía) o si está estrechamente relacionada con las decisiones productivas (demanda dependiente). En el caso del inventario diferenciado a lo largo del proceso de producción se clasifica como compilación de materia prima, de trabajo en transcurso (WIP), de bienes terminados, o de mantenimiento y operaciones. Si lo que se prefiere es separar el inventario en cuanto a su función, las categorías más comunes son inventario en tránsito, de ciclo, de seguridad, o de anticipación. (Chapman 102-104)

1.1.3.1 Costos de manejo del inventario

Dado que el inventario es un elemento necesario para la óptima respuesta de las compañías hacia las fluctuaciones de la demanda, se debe diferenciar los costos que representa la existencia del mismo, así como la carencia de medios con que actuar. Estos se presentan a continuación en la Tabla 1.

Costos relacionados con la existencia de inventario	Costos relacionados con la falta de inventario
Almacenamiento: gastos de ubicación	Desabasto: mal servicio al cliente
Seguros	Reproceso: producción de pequeñas partes
Impuestos	Pedidos en espera
Costos de Capital o costo de Oportunidad	Subutilización de las instalaciones
Obsolescencia	Costos de agilización: horas extra, mano de obra

Tabla 1: Costos de inventario (Hodson 10.63)

A esto debe añadirse como costo relevante la existencia de costos de adquisición, los que se asocian al proceso de compra de los bienes. Usualmente incluyen tanto costos variables como fijos. Primeramente, el cargo fijo es aquel que se asume por la realización del pedido, así como el procesamiento y acompañamiento de la misma. Entre los costos variables se hallan el costo de compra, el transporte de los bienes y el costo de mantener los bienes en el punto de recepción. (Ghiani, Laporte y Musmanno 121-122)

1.1.3.2 Políticas de manejo de inventario

Existen dos líneas guía para el manejo de inventarios, el primero se trata de un sistema tipo “halar” o método de demanda. “Esta filosofía ve a cada punto de las

existencias [...] como independiente de los demás en el canal” (Ballou 333). Es decir que los suministros se asignan a cada almacén basándose en los pronósticos elaborados. Caso contrario, se puede reaprovisionar a cada punto productivo mediante las necesidades de cada localidad (sistema “empujar”).

Dado que el producto que maneja ILS Corporación es un bien terminado colocado en bodegas, su inventario corresponde al manejo de demanda independiente. Se almacenan varias unidades en SKU o existencias de productos terminados. La administración de dicho inventario debe estar estrechamente relacionada con el pronóstico de la demanda y el nivel de servicio definido para el cliente. Sin embargo, debe recalcar que no es necesario que una buena prestación imponga un inventario alto (Chapman 100). De hecho, el servicio al cliente está relacionado con la exactitud del pronóstico. A mejor estimación, se da menor tiempo de reabastecimiento y mejores servicios, sin incurrir en inventarios altos. Componente importante del modelo de inventario es la determinación de puntos de reorden, nivel en el cual se debe realizar un nuevo pedido de una cantidad específica. (Chapman 100)

Tipos de reglas de pedido

- Cantidad de pedido fija: Cuando las existencias bajan hasta el punto de reorden se debe realizar un nuevo pedido de la cantidad económica de pedido predeterminada. Dicha cantidad económica o EOQ hace referencia a la cantidad que incurrirá en el menor monto de costos de adquisición. De esta manera, la cantidad de pedido es fija, pero el intervalo de tiempo entre pedido puede variar dependiendo del uso. (Hodson 10.68).

- Ciclo de pedido fijo: Si se considera esta regla, los pedidos se realizan dentro de intervalos de tiempo fijos, la cantidad depende de la resta entre las existencias y la meta de inventario definido (Hodson 10.68).

El proceso de creación de pronósticos debe acompañarse de la respuesta a las inquietudes del momento preciso en que se debería realizar la orden y la cantidad incurrida en la misma. Para la obtener los resultados deseados existen ciertos actores que deben considerarse (Elsayed y Boucher):

- La demanda; puede ser de naturaleza determinística, probabilística y a su vez estática o dinámica. Además, se debe considerar el patrón de la tasa de demanda o cantidad de demanda por unidad de tiempo. En general puede ser uniforme, instantánea.
- El tiempo de espera o lead time, es el intervalo de tiempo entre la emisión de una orden y el momento real en el que los productos llegan. Así como la demanda, éste puede ser determinístico o probabilístico y constante o variar en el tiempo.
- El nivel de reorden se define como el punto en el cual una orden debe emitirse. Este resulta de la interacción entre la demanda y el tiempo de espera.
- El inventario de emergencia es la cantidad que se mantiene para prevenir un desabastecimiento. (Elsayed y Boucher 66)

Es usual que en un sistema de inventarios común la orden sea recibida con cierta tasa de reabastecimiento, hasta completarse en su totalidad. Es en ese instante en el cual el inventario se halla en su límite máximo, decrecerá en la manera que la tasa de demanda se exprese, hasta que se llegue al punto de reorden, en el cual se debe considerar realizar un nuevo pedido y reiniciar el ciclo. (Elsayed y Boucher 66)

Es importante considerar de igual manera la política con la cual se manejará el inventario: (Elsayed y Boucher 66-68)

Los parámetros que se manejan dentro de estas políticas son:

I_i : nivel de inventario al final del período i

r : Nivel de reorden

R : nivel de inventario esperado el momento de haberse realizado un pedido

Q_i : tamaño de pedido en el período i ($R - I_i$)

- La política de revisión periódica determina que los niveles de inventario son analizados bajo intervalos de tiempo iguales. Si al momento de revisarse el inventario es menor o igual que el punto de reorden, se emite un pedido.
- Existe una versión especial de la política anterior en la cual se iguala R a r para emitir una orden de tamaño $Q_i = R - I_i$ al final de un periodo establecido.
- Por otro lado, se ha determinado una política mediante la cual el nivel de inventario se halla continuamente monitoreado y la orden de tamaño establecido se realiza si se constata que el nivel ha descendido o alcanza el punto de reorden.
- Así mismo, si las unidades se retiran del inventario el momento justo en que se expresa la demanda, se trata de una política de cantidad de reorden fijo. Así cuando el inventario llega al nivel r se realiza una orden de tamaño fijo.
- Por último, aquella se puede rastrear el nivel de inventario después de la ocurrencia de una baja, de esta manera en ese momento se realizará el pedido. Así, se iguala tanto la cantidad de inventario disponible como la cantidad de pedido. (Elsayed y Boucher 66-68)

1.1.3.3 Herramientas matemáticas para manejo de inventario

El presente análisis se maneja con un tipo de demanda probabilística y con una revisión de los niveles de inventario de manera continua. El sistema actual permite la existencia de faltantes y se realiza un pedido en caso de hallar una anomalía en el nivel de inventario. Es por esto que se considera que el siguiente modelo está acorde con los requerimientos de la situación actual de ILS-Pfizer:

Considerando la siguiente notación: (Elsayed y Boucher)

D: demanda promedio (unidades por año)

h: costo de almacenamiento por unidad por unidad de tiempo

π : costo de faltante por unidad

A: costo de ordenar por orden emitida

x: demanda promedio durante el tiempo de reabastecimiento

$g_{x,t}$: función de densidad de probabilidad p.d.f de la demanda durante el tiempo de reabastecimiento

l_t : p.d.f. del tiempo de espera

f_x : p.d.f. de la demanda durante el tiempo de reabastecimiento

Q: cantidad óptima de pedido

r: punto de re orden

S_x : cantidad de faltante por ciclo

S_x : faltante esperado por ciclo

N : número de órdenes por año $N = D/Q$

Dado que el costo total es:

$$TC(Q, r) = \frac{AD}{Q} + h \frac{Q}{2} + r - Dl + \frac{\pi D}{Q} S x$$

Ecuación 13: Cálculo del costo total de inventario

Los pasos iterativos a seguirse para hallar el punto de re orden y cantidad de pedido óptima bajo este sistema son: (Elsayed y Boucher 91)

1. Asumir que $S x = 0$ y calcular $Q^* = \sqrt{\frac{2AD}{h}}$
2. Encontrar el valor correspondiente de r_i asociado a Q_i mediante la ecuación:

$$\int_{r^*}^{\infty} f(x) dx = \frac{hQ_i}{\pi D}$$

Ecuación 14: cálculo de r_i

En este punto es necesario que se determine la distribución de probabilidad que siguen los valores de la demanda real.

3. Hallar $S x_i$ mediante la ecuación

$$S x = \int_0^{\infty} S x f(x) dx = \int_r^{\infty} x - r f(x) dx$$

Ecuación 15: Cálculo de faltante esperado

4. Hallar el nuevo valor de Q_i mediante la ecuación:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2D(A + \pi S x)}{h}} \quad (2)$$

Ecuación 16: Cálculo de cantidad óptima de pedido

5. Calcular nuevamente el r_i asociado a Q_i mediante la ecuación 17 con el valor de Q^* hallado en el paso 4
6. Repetir los pasos 3,4 y 5 hasta que dos valores de r y Q sean aproximadamente iguales
7. Los últimos valores de r y Q encontrados en el paso 6 son aproximadamente aquellos que se buscan o r^* y Q^*

Actualmente, la compañía maneja sus inventarios en acorde con los requerimientos del cliente, o “Vendor Managed Inventory” (VMI). Este último se considera como el “proceso mediante el cual el proveedor genera órdenes para el cliente basándose en la información de demanda enviada por el cliente”. (Hall) Lo importante de este proceso es que tanto proveedor como cliente, fijan niveles de inventario, tasas de abastecimiento y costos de las transacciones a realizarse. Como apoyo para el óptimo desempeño de dicho sistema, se requiere del apoyo de un sistema electrónico de intercambio de datos o EDI por sus siglas en inglés.

Los beneficios recalables de este sistema son el manejo de inventarios disminuidos. Esto se debe a que gracias al VMI, el proveedor puede manejar ciertos componentes como el tiempo de espera y punto de reorden. Adicionalmente, el abastecedor tiene mayor responsabilidad el momento de cumplir con las cantidades necesarias, para el momento que se haya garantizado la entrega, así se disminuye la necesidad de mantener un nivel de inventario de seguridad. (Hall)

Niveles menores de inventario, vienen acompañados de mejores pronósticos dado que la demanda se vuelve más predecible (menor error de comunicación en lo que el mercado requiere). Sin embargo, debe recalcarse que es necesario un buen nivel de comunicación entre las partes para que esto sea viable. (Hall)

Igualmente, el VMI incurre en una disminución de costos administrativos. Por un lado el cliente se demora menos tiempo realizando su pedido y los dos actores pierden menor tiempo siguiendo una orden incorrecta, o corrigiendo errores. A esto se le añade la posibilidad de aumentar las ventas dado que el inventario es manejado de mejor manera y el proveedor tiene mayor conocimiento sobre el uso o destino de sus productos. (Hall)

Además, debe destacarse que existe un sistema de clasificación para los productos, la cual busca demostrar la relevancia de aquellos que son más importantes en base a un criterio de importancia definido. De hecho, la clasificación ABC, archiva el inventario de acuerdo a un criterio para direccionar los esfuerzos y recursos hacia esa cuota de productos. Las tres categorías típicas son: A (muy importante), B (moderadamente importante) y C (menos importante). Usualmente, los productos clase A corresponden al 10-20% de productos que incurren entre el 60 y 70% de recursos o valor monetario anual y por el otro lado los productos C representan tan solo el 10-15% de recursos, más son entre el 50-60% de productos. (Stevenson 549)

1.2 Diseño de una Bodega

Al diseñar un espacio de almacenamiento es importante que el mismo sea suficiente para concentrar todo el nivel de inventario manejado. Así, las decisiones más significativas son determinar el largo, ancho y alto del edificio; localizar y dimensionar el espacio de recepción, despacho y almacenamiento; entre otros.

1.2.1 Dimensionamiento del área de recepción y distribución.

1.2.1.1 Determinación del número de puertos de entrada

Dado que usualmente los productos se distribuyen y reciben mediante camiones es importante determinar el número de puertos requeridas en el almacén para su funcionamiento óptimo. Lo mismo se puede hacer mediante el siguiente método descrito por Ghianni, Laporte y Musmanno.

$$n_d = \frac{dt}{qT}$$

Ecuación 17: Determinación de número de puertos requeridas

Dónde:

d: demanda diaria especulada

t: tiempo promedio para carga y descarga del camión

q: capacidad del camión

T: tiempo promedio disponible al día para carga y descarga de camiones no hay horarios fijos

1.2.2 Dimensionamiento del espacio requerido para almacenamiento

Dado que la zona de almacenamiento debe concentrar los bienes en periodos de alta demanda, es importante que su espacio sea suficiente.

1.3.2.1 Determinar la capacidad para el área de almacenamiento

Para determinar correctamente, el área de acopio debe definirse la política de almacenamiento. Mientras que una política dedicada, predispone las ubicaciones de los

SKU's, una política randómica establece que los mismos se ubican de manera dinámica. Para esta última política, el número de ubicaciones requeridas es: (Ghiani, Laporte y Musmanno)

$$m_r = \max_{j=1}^n I_j t \leq m_d$$

Ecuación 18: Número mínimo de ubicaciones en almacenamiento

Donde $I_j t$: nivel de inventario del item j en t

1.3.2.2 Determinar las dimensiones del área de reserva

Con la finalidad de minimizar el tiempo promedio que consume un operario para recorrer el centro de almacenamiento se puede utilizar el siguiente modelo. (Ghiani, Laporte y Musmanno 168-171)

Determinación de la longitud del área de almacenamiento (en x)

$$L_x = \alpha_x + \frac{1}{2} w_x n_x$$

Ecuación 19: Determinación de longitud de área de almacenamiento (en x)

Determinación de la longitud del área de almacenamiento (en y)

$$L_y = \alpha_y n_y + w_y$$

Ecuación 20: Determinación de longitud de área de almacenamiento (en y)

Determinación del número de ubicaciones (en y)

$$n'_y = \frac{2m \alpha_x + \frac{1}{2} w_x}{\alpha_y n_z}$$

Ecuación 21: Determinación de número de ubicaciones en y

Determinación del número de ubicaciones (en x)

$$n'_x = \frac{m \alpha_y}{2n_z \alpha_x + \frac{1}{2} w_x}$$

Ecuación 22: Determinación de número de ubicaciones en x

Dónde:

m = número requerido de localidades de almacenamiento

α_x y α_y = ocupación de una unidad de carga a lo largo de ejes x y y , respectivamente.

w_x y w_y = ancho de corredores transversales y del pasillo central, respectivamente.

n_z = número de niveles para almacenamiento a lo largo del eje z .

n_x y n_y = número de ubicaciones a lo largo de los ejes x y y , respectivamente.

L_x y L_y = longitud del área de almacenamiento a lo largo de los ejes x y y , respectivamente.

1.2.3 Dimensionamiento del espacio requerido para la zona de adelante

1.2.3.1 Sistemas de consolidación de órdenes

La consolidación de órdenes es la actividad que se enfoca en recolectar los ítems requeridos por cada cliente. Se considera que es una de las actividades más importantes de la bodega y que demanda alto recurso de mano de obra. (Ballou 149). Para mejorar su práctica se han elaborado cuatro sistemas de operación: operador-artículo, artículo-operador, clasificación de inventarios y recuperación por lotes.

Para la bodega en cuestión el sistema de mayor relevancia es el de operador a artículo, método común, donde el centro posee un área de almacenamiento, una de recuperación y un sistema de materiales.

1.2.3.2 Métodos de recolección de Pedido

Se recalcan los métodos listados a continuación descritos en la obra de Ghiani, Laporte y Musmanno:

- Recolección discreta de pedidos
- Recolección por lotes
- Recolección por zonas

- Recolección por olas
- Recolección por zonas – lotes
- Recolección por zonas – olas
- Recolección por zonas – lotes – olas

Actualmente ILS maneja sus pedidos de manera discreta, es decir que el operador recoge la totalidad de una orden. Si bien toma bastante tiempo, permite disminuir la ocurrencia de errores. (Ghiani, Laporte y Musmanno)

1.2.3.3 Ubicación de productos

El método de ubicación de productos considera que aquellos productos de rápida rotación deben estar ubicados cerca de los puntos de entrada y salida, con el objetivo de minimizar el tiempo de manejo de productos. El problema de ubicación óptima de los productos se resuelve gracias al modelo:

Minimizar:

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{m_d} c_{jk} x_{jk}$$

Ecuación 23: Modelo de ubicación óptima de productos (Ghiani, Laporte y Musmanno 176)

Sujeto a:

$$\sum_{k=1}^{m_d} x_{jk} = m_j, \quad j = 1, \dots, n.$$

$$\sum_{j=1}^n x_{jk} \leq 1, \quad k = 1, \dots, m_d.$$

$$x_{jk} \in \{0,1\}, \quad j = 1, \dots, n., \quad k = 1, \dots, m_d.$$

Dónde:

n : Número de productos

m_j : Número de ubicaciones requeridas para producto j ($j = 1, \dots, n$)

x_{ij} : Variable de decisión binaria igual a 1 si la ubicación k se asigna a producto j , 0 en caso contrario. Siendo $j=1, \dots, n$; $k=1, \dots, m_d$

c_{jk} : Costo de asignar ubicación k al producto j (tiempo promedio de viaje)

$$c_{jk} = \sum_{r=1}^R \frac{p_{jr}}{m_j} t_{rk}$$

Ecuación 24: Cálculo de tiempo promedio de viaje (Ghiani, Laporte y Musmanno 176)

Dónde:

R : Número de puertas en la bodega

r : Número promedio de manipulaciones a producto j por unidad de tiempo

t_{rk} : Tiempo de viaje entre puerto r y ubicación k

1.3 Simulación

1.3.1 Pasos y definición de una simulación

Con la finalidad de imitar la operatividad de un proceso real se busca imitarlo mediante técnicas de simulación. De hecho, un modelo de simulación estudia y analiza las variaciones de un sistema a los largo del tiempo considerando ciertos factores como característicos del sistema. (Banks, Carson y Nelson 3-4). Es de gran utilidad si se busca analizar el impacto de posibles cambios operativos, es decir durante la etapa de diseño de estos.

Los componentes de un sistema según Banks, Carson y Nelson son :

- Una entidad: objeto de interés del sistema
- Un atributo: una propiedad de la entidad
- Una actividad: un período de tiempo de longitud delimitada
- El estado: conjunto de variables necesarias para la descripción del sistema, sin importar el tiempo.
- Un evento: una ocurrencia específica en el tiempo que puede alterar el sistema

(Banks, Carson y Nelson 19-11)

Los pasos de una simulación se pueden resumir gracias al diagrama siguiente: (Banks, Carson y Nelson 14-16)

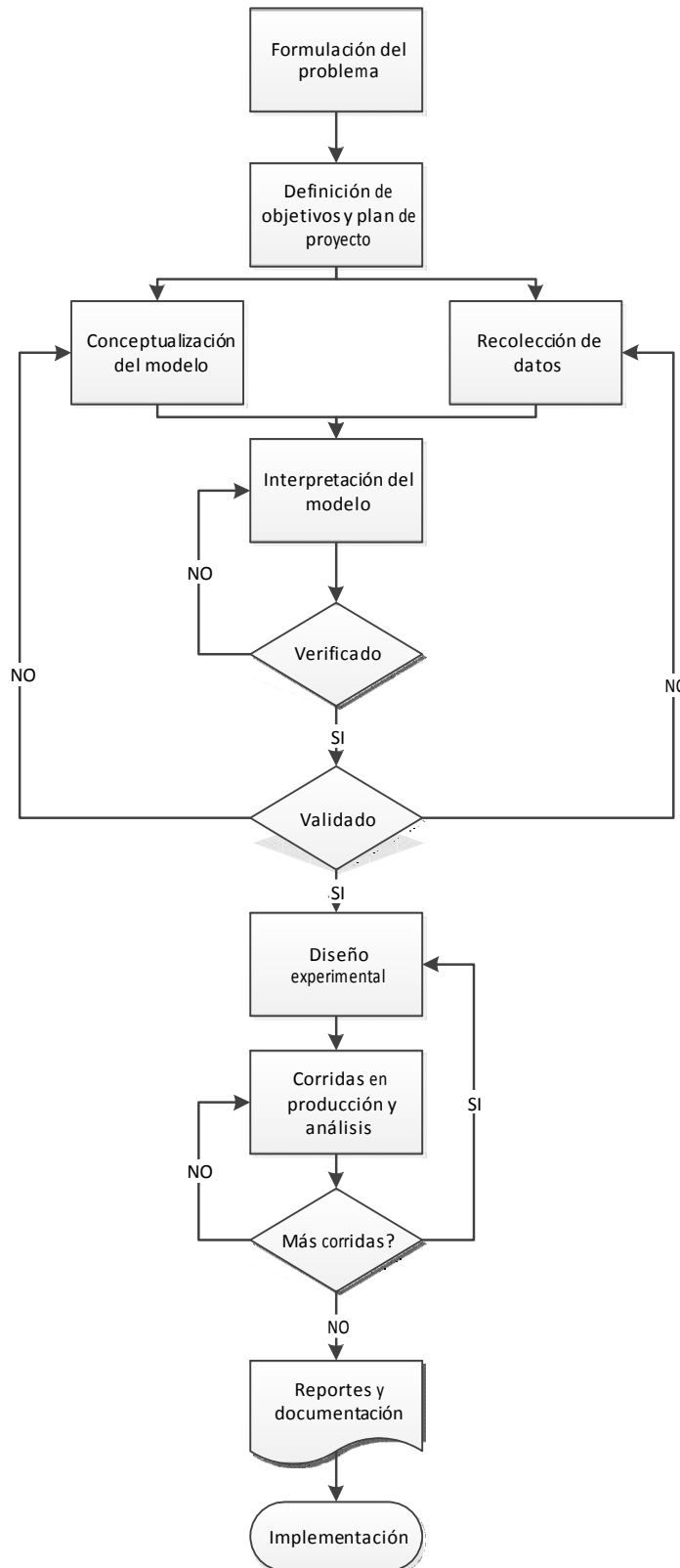


Ilustración 1: Pasos de una simulación (Banks, 15)

La figura anterior muestra los pasos que se deben considerar el momento de llevar a cabo una simulación sugerida por Banks. En primer lugar, la formulación del

problema o la definición clara y concisa de lo que pretende evaluar. A esta enunciación del inconveniente, le sigue la creación de objetivos del estudio, que permitirá estructurar claramente las directrices del proyecto. Para la modelación, lo importante es saber distinguir los factores esenciales del problema, para seleccionar aquellos de mayor relevancia para la aproximación a resultados reales gracias a un modelo. Para la recolección de datos se debe tomar en cuenta que la cantidad requerida depende de la complejidad del modelo y de los objetivos. Estos recursos deben traducirse a un lenguaje capaz de ser reconocido por un software que complemente la ejecución de la simulación. Una vez realizados estos pasos, se debe verificar que el software elegido sea lo suficientemente robusto como para soportar la simulación. Así mismo, la validación se traduce como la comparación de la simulación con la realidad. (Banks, Carson y Nelson 14-16)

Una vez que se ha validado el modelo hasta este punto, se debe determinar la longitud de las corridas a hacerse y el número de replicaciones para obtener una simulación sólida. Este es el paso previo a la realización misma del experimento.

El tamaño de la corrida de simulación se debe realizar considerando la distribución de probabilidad que se quiere simular. Si los estimadores siguen una distribución normal existen dos maneras de realizar el cálculo:

$$n = \frac{\sigma^2(Z_{\alpha/2})^2}{K^2}$$

Ecuación 25: Cálculo de longitud de corrida para población normal con más de 30 datos (Ortiz 90)

Dónde:

Z: Estadístico normal para cierto alpha

K: Desviación absoluta máxima permitida sobre la media de la distribución tabular

σ^2 : Variancia de la distribución a simular

$$n = \frac{S^2(t_{n-1, \alpha/2})^2}{K^2}$$

Ecuación 26: Cálculo de longitud de corrida para población normal con menos de 30 datos (Ortiz 90)

Dónde:

t : Estadístico de la distribución t student

K : Desviación absoluta máxima permitida sobre la media de la distribución tabular

S^2 : Estimador de la variancia de la distribución a simular

En caso de que la distribución a simular no sea normal, se debe usar el teorema de Tchebycheff con lo que el cálculo se realiza de la siguiente manera:

$$n = \frac{m^2}{\alpha}$$

Ecuación 27: Cálculo de longitud de corrida para población no Normal (Ortiz 90)

Dónde:

α : Probabilidad de error permitida

m : Número de desviaciones estándar máximo permitido sobre la media de la distribución a simular

Por otro lado, el número de réplicas se determina considerando las medias y varianzas de cada replica individual, se procede a calcular la media y varianza entre réplicas, para determinar finalmente el intervalo de confianza que satisfaga las condiciones que se

esperan. De no necesitarse más corridas se documentarán los resultados y el desempeño del programa para su futura replica. (Banks, Carson y Nelson 14-18)

1.3.2 Módulos de Arena ®

Con la finalidad de recrear el modelo representativo del sistema real se puede utilizar distintos software. Un ejemplo es el desarrollado por Rockwell Software ®, llamado Arena ®. Ha sido diseñado para implementar simulaciones de eventos discretos, para este fin permite modelar procesos para definir, documentar, informar y simular los cambios que significará una ligera alteración del proceso. Es una herramienta de gran utilidad si lo que se busca es visualizar gráficamente la operatividad del sistema. Para la óptima creación de modelos el software recurre al uso de módulos preestablecidos que se detallarán a continuación:

- CREATE: es el primer contacto con las entidades del proceso. Se crean usando una planificación o el tiempo entre dos arribos sucesivos. Se debe incluir el tipo de entidad con la que se trabaja
- PROCESS: Siendo el principal método de procesamiento de la simulación, ofrece opciones para ocupar y liberar un recurso del sistema
- DECIDE: Permite tomar decisiones en el sistema, basándose en condiciones o probabilidades.
- ASSIGN: se utiliza para dar valores a las variables del sistema
- RECORD: Este módulo permite recoger estadísticas del modelo de simulación
- DISPOSE: una vez que se registren las estadísticas, se procede a finalizar las entidades del modelo y a su eliminación.

(Elección del Software)

1.4 Gestión de cadena de suministro

Se entiende como cadena de suministro la “secuencia de organizaciones participantes en la producción y distribución de un producto” (Stevenson 503). El mismo tiene su inicio desde los proveedores de materia prima y finaliza una vez entregado el producto al consumidor. El siguiente gráfico presenta cada actor implicado a lo largo de la cadena de suministro y los flujos tanto de dinero como de productos o servicios.

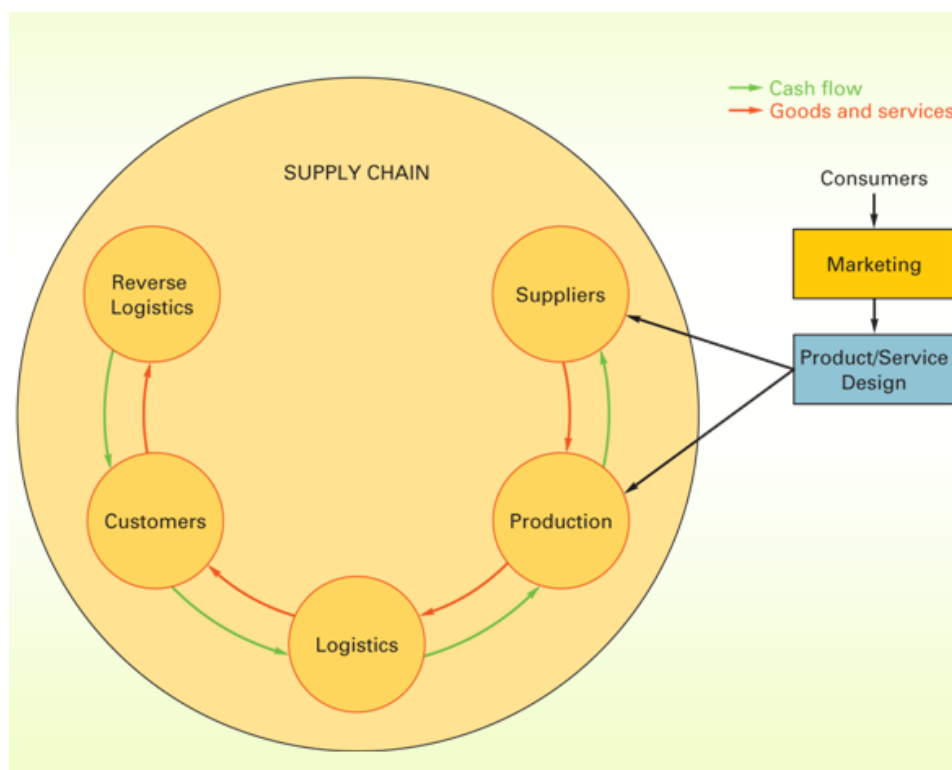


Ilustración 2: Flujo de la cadena de suministro (Stevenson)

Por otro lado, la gestión de la cadena de abastecimiento se considera como la coordinación óptima de los actores de la cadena de manera que se integre la demanda y la distribución de productos (Stevenson 504). Debe distinguirse que las actividades logísticas o enfocadas a la distribución, son tan solo uno de los complementos de los actores de la cadena en sí. Entre muchos de los beneficios de gestionar la cadena de

suministro de manera efectiva se tiene lo que se enuncia a continuación: (Stevenson 509)

Mayor	Menor
Productividad	Inventario
Agilidad	Costos
Beneficios	Tiempos de espera
Lealtad del cliente	

Tabla 2: Beneficios de la gestión de cadena de suministro

(Elaboración propia, basado en Stevenson 509)

Del mismo modo, es importante tener en claro cuáles son las ramas que participan en la gestión de la cadena y sus actividades principales. Estos se detallan a continuación:

Área	Problemas usuales	Posibles soluciones
Cliente	Determinar los requerimientos	Mejorar interacción con el área de marketing y ventas
Pronósticos	Predecir las cantidades necesarias y tiempos	Disminuir el error de pronósticos realizados
Diseño	Incorporar los requerimientos del cliente, viabilidad y tiempos al mercado	Manejo de ingeniería recurrente
Planificación de capacidad	Cumplir con capacidad de abastecimiento y demanda	Disminuir el error de pronósticos realizados
Proceso	Controlar calidad, programar trabajo	Incluir procesos de revisión continua
Inventario	Alcanzar la demanda y sus requerimientos cuidando costos	Disminuir el error de pronósticos realizados
Compras	Evaluar proveedores, soportar el proceso productivo	Manejar procesos de análisis financiero
Proveedores	Monitorear calidad de abastecimiento, entregas a tiempo y flexibles,	Mejorar comunicación con proveedores
Ubicación	Determinar la ubicación de las instalaciones	Utilizar sistemas de ubicación y diseño de redes logísticas
Logística	Definir como movilizar óptimamente información y materiales	Utilizar sistemas de ubicación y diseño de redes logísticas

Tabla 3: Elementos de la gestión de cadena de suministro

(Elaboración propia basada en Stevenson, 509)

Estos problemas aislados deben ser resueltos gracias a la gestión efectiva de una cadena de suministros integral, la cual requiere una unión del mercado, de los procesos de

distribución y de los proveedores. De hecho, los miembros de la cadena de suministro deberían ser capaces de: (Stevenson)

- Compartir pronósticos para evitar la acumulación de inventarios innecesarios
- Determinar el estado de las órdenes en tiempo real
- Acceder a la información de inventarios de sus socios.

Lo que le permitirá de acuerdo a William Stevenson, manejar menor cantidad de inventarios a lo largo de toda la cadena, aumentar su productividad, mayor agilidad de respuesta, menores tiempos de reabastecimiento, mayores rendimientos monetarios, mayor fidelidad del cliente y obtener un sistema cohesionado que trabaje para un objetivo común, entre otros. (Stevenson)

1.5 Tecnologías de Información

1.5.1 Códigos de barra

Los sistemas de recolección de datos del tipo código de barras han sido implementados ampliamente en diferentes ámbitos de la cadena de suministro y con diversos objetivos. De hecho, los mismos proporcionan beneficios cuantiosos para la mayoría de áreas de negocio.

También llamados Código de Producto Universal (UPC), este dispositivo considerado como un sistema de control de inventario, se halla tanto impreso en producto como en su embalaje (Stevenson 546) . El sistema GS1 que es un conjunto de estándares que permite mejorar la gestión de la cadena, es el responsable de otorgar un lenguaje único e inequívoco para la identificación de los productos. Dentro del territorio ecuatoriano son válidas ciertas estructuras de códigos que usualmente se concentran en presentar la información del país, empresa, y dígito de control en este orden. Empero,

puede tener ciertas variantes como incluir la identificación del producto, o la mínima fecha de duración. (GS1 Ecuador)



Ilustración 3: Configuración numérica del código de barras GTIN-8 (EAN/UCC-8)
(GS1 Ecuador)

1.5.1.1 Códigos de barra bidimensionales

Actualmente los códigos de barras lineales se usan como indicador para la ubicación de un producto en una base de datos. Sin embargo, se han desarrollado nuevos dispositivos que permiten vencer la limitada información proporcionada por el código de barras actual, estos son los códigos bidimensionales. Estos requieren de menos espacio para codificar más de los 10 a 20 caracteres que hasta hace poco era posible. Al utilizar esta tecnología denominada 2D, se puede codificar información más

detallada y múltiples códigos lineales en un solo signo. Ejemplos de estos códigos 2D son el PDF417, DataMatrix y Maxicode los cuales se detallan a continuación:



PDF417

Es un código de longitud variable que permite la codificación de letras, números o caracteres.

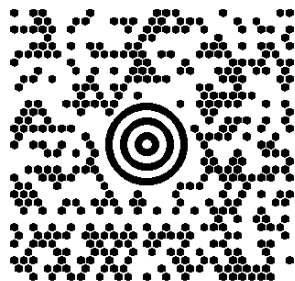
Su capacidad es de 340 caracteres por pulgada cuadrada



Data Matrix

Esta simbología bidimensional es capaz de codificar los 128 caracteres ANSI y combinaciones de los mismos.

Su capacidad es de hasta 500MB por pulgada cuadrada con capacidad de hasta 2355 caracteres.



Maxi Code

Esta simbología es normalmente utilizada por UPS para clasificar el correo a gran velocidad. A diferencia de los otros sus dimensiones son fijas.

Puede codificar hasta 93 caracteres de datos utilizando 5 juegos de datos para la codificación de los 256 caracteres ANSI.

Se utiliza para propiedades únicas como clase de servicio, código del país y modo.

Tabla 4: Detalle de Códigos Bidimensionales

(TEC Electrónica, S.A)

La gran ventaja del código de barras 2D es que a diferencia del código mono dimensional, este posee información inscrita, lo que hace que no sea necesaria una base de datos externa. Además si se las compara con las tarjetas chip o RFID, pese a que son capaces de almacenar menor cantidad de información los tags tienen una duración

menor y son potencialmente menos seguros, a lo cual debe añadirse un costo más elevado por su impresión. Es común que se usen los códigos de barras 2D como respaldo de la información contenida en los chips. (Preguntas frecuentes sobre Sistemas de Código de Barras)

Cabe recalcar, que no existe ningún costo extra por la impresión de un código de barra 2D, para lo que es necesario tan solo una impresora de tarjetas y un lector que tenga capacidad para representar este lenguaje. En muchos casos, el lector de códigos de barras lineales puede ser utilizado para lectura indistinta del lenguaje 2D. Además a diferencia de las tarjetas inteligentes, los códigos de barras no pueden ser desmagnetizados o descomponerse. (Preguntas frecuentes sobre Sistemas de Código de Barras)

1.5.2 Sistemas de identificación por radiofrecuencia (RFID)

Se conoce como sistemas de identificación por radiofrecuencia a la tecnología que usa ondas de radio para identificar los objetos. Esto es posible gracias a una etiqueta colocada en el producto, este tiene un circuito y una antena que permite la emisión de una señal que será a un lector RFID. El chip o etiqueta puede ser usado tanto en pallets, cajas o producto individual, cambiando su funcionalidad. Su importancia recae en el hecho que se provee una identificación individual al ítem, permitiendo la trazabilidad, identificación y localización en tiempo real. (Stevenson 518-519)

Los cuatro elementos que componen todo sistema RFID son:

- La etiqueta RFID, la cual se adhiere en un objeto y porta información sobre este. Consta de un microchip que almacena datos y una antena que permite la comunicación por radiofrecuencia con el lector.

- Por lector se debe entender la fuente que contiene la energía necesaria para transmitir la potencia requerida a la etiqueta y leer los datos que reciba de esta. Se compone de un módulo de radiofrecuencia, una unidad de control y una antena para la comunicación con los tags.

Es necesario que los lectores estén integrados por interfaces de comunicación y un sistema de procesamiento de datos.
- El tercer componente es un controlador, el cual recibe la información y la comunica al sistema de información. Es la vía necesaria para dar órdenes al lector.
- Por último, es necesario un sistema ERP de gestión de sistemas IT para el manejo de datos. (Portillo, Bermejo y Bernardos)

Los sistemas RFID se pueden clasificar según distintas características como:

- Según la capacidad que tengan para su programación:
 - Sólo para lectura: las etiquetas no pueden ser reprogramadas
 - De una escritura y múltiples lecturas: cada etiqueta solo tiene una programación.
 - Lectura y escritura: las etiquetas pueden reprogramarse en distintas ocasiones.
- Según el modo de alimentación:
 - Activos: Si las etiquetas requieren de batería para transmitir la información
 - Pasivas: si las etiquetas no requieren del uso de baterías. (Portillo, Bermejo y Bernardos)

Por ejemplo, el siguiente gráfico representa el esquema de funcionamiento de un sistema RFID con modo de alimentación Pasivo: (Portillo, Bermejo y Bernardos)

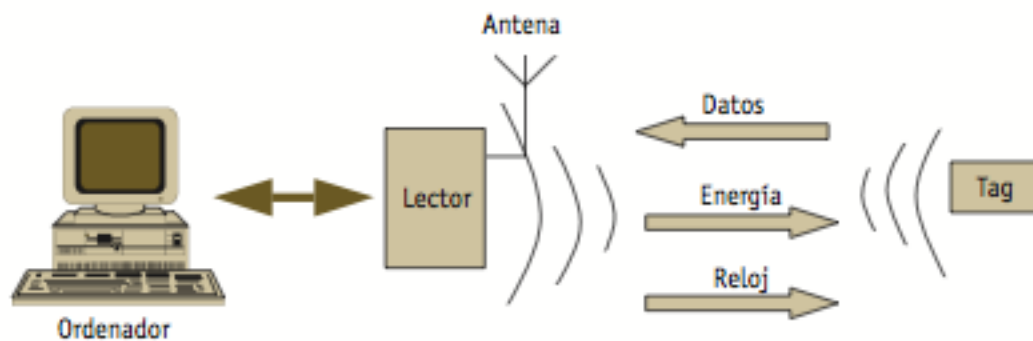


Ilustración 4: Esquema de funcionamiento de RFID pasivo (Portillo, Bermejo y Bernardos)

En la Ilustración 4 se puede ver las dos interfaces de comunicación que deben tomarse en cuenta en un manejo de datos RFID. El primero entre el Lector y el sistema de información, se realiza a través de un enlace estándar que puede ser local o remoto y disponer o no de un cableado (por ejemplo: WLAN, GPRS, etc.). El segundo, es la interfaz entre lector y la etiqueta, el cual es un enlace de radio que posee características propias de comunicación. (Portillo, Bermejo y Bernardos)

Pese a existir una amplia gama de sistemas RFID la mayoría tienen un sistema de funcionamiento parecido como el que se indica en la Ilustración 4. Siendo así el primer paso el equipamiento de todos los objetos con una etiqueta, la misma que será activada mediante una señal emitida por el lector. Al entrar a un campo la etiqueta utiliza la energía del lector o su batería para realizar la transmisión de datos almacenados en la memoria. Por último al recibir los datos el lector los envía a la computadora para su procesamiento.

Por otra parte, pese a su semejanza con el código de barras descrito anteriormente, este dispositivo permite la concentración de más y mejor información, además de la

facilidad de su lectura. Esto permite que dentro de la cadena se mejore la visibilidad, el manejo del inventario, el control de calidad. Igualmente, promueve una comunicación sólida entre proveedores y clientes de la cadena. (Stevenson 518-519)

Dado que la lectura de las etiquetas no debe ser manual, se disminuye la incidencia de errores en cuadro de inventario y se acelera tanto el proceso de distribución como el de recepción de mercadería. Otro rubro que se mejora es el costo de mano de obra, siendo posible el re direccionamiento de esta y mejoramiento en otras áreas. Uno de sus mayores beneficios es la precisión en el proceso de consolidación de órdenes elemento esencial en la administración de medicamentos en hospitales. (Stevenson 518-519)

1.6 Análisis Económico

1.6.1 Fundamentos de la Ingeniería Económica

Previo a la realización del análisis económico de las alternativas de inversión existen ciertos principios que rigen dicho estudio. El análisis realizado debe considerar únicamente las alternativas factibles, debe hacerse bajo una unidad de medición común y sus consecuencias deben ser medibles. Del mismo modo, es importante que todas las alternativas se realicen dentro de un mismo marco temporal para su óptima comparación (Hodson 9.3).

Existen diversos métodos que permiten la evaluación de las alternativas de inversión, sin embargo el enfoque de cada una de ellas es distinta. De hecho, en primer lugar encontramos al valor presente neto, el cual “es equivalente al valor presente de los flujos de efectivo generados por la inversión propuesta durante el intervalo de tiempo específico” (Hodson 9.13). En el caso de que se tenga la comparación de dos alternativas, aquella de mayor valor presente es preferible en el ámbito económico.

Por otro lado, se encuentra el análisis de valor anual, la cual es “la serie uniforme de N períodos equivalente al valor presente a la tasa de interés” (Hodson 14) seleccionada. Esto se traduce en un promedio ponderado por la tasa de interés. Para la decisión de la propuesta más atractiva económicamente se prefiere la alternativa de mayor valor actual.

Igualmente, el análisis de las opciones se puede realizar gracias al análisis del valor futuro donde todos los flujos de efectivo se transforman en un valor único a ser cumplido al final del horizonte de tiempo. Al igual que las alternativas expuestas anteriormente, la selección de la opción más atractiva se realizará mediante la comparación decreciente de los valores, seleccionando el de mayor monto. (Hodson 14)

A estos conceptos debe complementarse aquel que anuncia al gradiente aritmético como la modificación uniforme del flujo de efectivo para cada periodo de tiempo del estudio. De hecho, estas variaciones pueden ser tanto positivas como negativas, mas deben ser consideradas en el análisis económico. (Blank, Leland y Tarquin 67)

1.6.2 Modelos para comparación de alternativas económicas

Esto se puede lograr gracias al estudio del valor actual neto, el mismo que se puede calcular de la siguiente manera.

$$A_T = A_A + A_G$$

Ecuación 28: Cálculo de valor anual neto (Blank, Leland y Tarquin 60-70)

Dónde:

A_T = Anualidad Total

A_A = Cantidad base

A_G = Cantidad gradiente

La cantidad gradiente se define como (Blank y Tarquin 70)

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{1+k} - I_0$$

Ecuación 33: Valor actual neto (Blank, Leland and Tarquin)

Dónde:

V_t = flujos de caja

I_0 = inversión inicial

n = número de periodos considerados

k : tasa de interés de descuento

Por otro lado, el método de cálculo para el valor futuro es:

$$VF = \sum_{t=0}^{t=n} S_t(1+i)^{n-t}$$

Ecuación 34: Ecuación para cálculo de valor futuro (Blank, Leland and Tarquin)

2. Capítulo Dos: Análisis de la situación actual de la Bodega piloto de ILS Corporation

2.1.Descripción de la Empresa

2.1.1. Proveedor de servicios Logísticos

ILS Corporation es una empresa ecuatoriana constituida hace 10 años, con sede ubicada en la región norte de la ciudad de Quito, se especializa en ofrecer los servicios de manejo logístico de productos farmacéuticos a importantes marcas a nivel nacional e internacional. Las bodegas que poseen, se ubican tanto en la ciudad de Quito, Guayaquil, Cuenca y bajo sistema de Cross docks en Manta y Santo Domingo. Si bien la empresa maneja el nombre comercial de ILS Corporation, la misma se conforma, al momento de cuatro empresas, las cuales son: (Tejada)

- Integrated Logistics Services S.A.-Servilogistics
- Corporación Petrolera Equinoccial S.A.-Copeq
- Bodegas y Comercio S.A.-Bodecomsa
- Quick Delivery S.A.

Dicha división fue creada con la finalidad de ofrecer un mejor servicio a los clientes. Así manejando de manera especializada cada negocio, se tiene gente capacitada en los procesos que les corresponden y una solución oportuna a los problemas.

Estas empresas ofrecen servicios encaminado a logística, acondicionamiento, gestión documental, digitalización, gestión de bases de datos en línea, transporte especializado. Tanto Servilogistics como Copeq se encargan de las actividades relacionadas con apoyo logístico. La primera, centra sus actividades en la base de Quito, mientras que la segunda se enfoca en los clientes de Guayaquil. Sus servicios están orientados a las

líneas farmacéuticas, nutricional, insumos hospitalarios, veterinaria, química, bienes de consumo e impresos. (Tejada)

Por otra parte, Bodecomsa brinda soporte en actividades ligadas al servicio de archivología, custodia de archivos y documentos, así como manejo de bienes valores. (Tejada)

De hecho, el sistema crossdock es de gran importancia para el desarrollo de las actividades de ILS, dado que por definición se trata de un establecimiento que permite el acondicionamiento de órdenes y envíos sin la necesidad de almacenar los productos (Ghiani, Laporte y Musmanno 8); Por ejemplo, para productos como vacunas permite el reacondicionamiento de geles con la finalidad de cumplir el rango de tiempo validado que garantiza el despacho dentro de las condiciones de temperatura, sin necesidad de demorar la entrega. Sus actividades engloban la recepción y almacenamientos de productos, el acondicionamiento de dichos productos, así como la coordinación y entrega de pedidos que llegan de diferentes puntos de venta y entrega del país.

Tras discutir con la gerencia se identificó una fuente de mejora en uno de los nichos de mayor desarrollo potencial tanto en capacidades físicas como operativas. Este foco fundamental para el crecimiento de la empresa es la mejora de las condiciones del manejo de producto termo sensible, mediante la óptima operatividad de un sistema de cadena de frío. Es necesario que se aumente la productividad de esta área de mercado debido a su creciente cuota de ventas y desarrollo, y a los requerimientos propios del producto que hacen de la trazabilidad una necesidad.

Actualmente, ILS Corporation realiza las actividades “in house” en Pfizer, empresa productora y distribuidora de fármacos a nivel mundial, representada bajo la firma Servilogistics. Su principal actividad es el manejo operativo de la bodega y el transporte

de productos a distribuidores o clientes. Es importante recalcar que en cuanto al manejo de productos termo sensibles, los estándares que se han acordado para el manejo de cadena de frío es la entrega de los bultos dentro de las primeras 24 horas, desde que los bultos se retiran de la bodega, para los clientes ubicados dentro de la ciudad de Quito y sus alrededores; por otra parte, la entrega se hará efectiva máximo 72 horas después de retirados los bultos en caso de que su destino se localice en provincias. Dado que las operaciones en Pfizer de ILS se iniciaron hace pocos meses, se consideró como una oportunidad de mejora latente para ambos actores. A esto se le añade el hecho de que a nivel mundial Pfizer y sus sedes se hallan en un proceso de impulsar y estandarizar la operatividad de la cadena de frío, buscando no solo mejorar los procesos actuales, mas también impulsar posibles proyectos de progreso. (Recalde y Echeverría, Descripción proyecto cadena de Frío)

2.1.2. Cliente piloto

Para efectos del estudio se cuenta con la colaboración de la sede Ecuador de la farmacéutica americana Pfizer Cía. Ltda. Fundada en el año 1849 por los primos Charles Pfizer y Charles Erhat, fue creada con la dedicación de descubrir y desarrollar nuevas y mejores maneras de prevenir y tratar las enfermedades, para así mejorar la salud y la calidad de vida de las personas alrededor del mundo (Pfizer Inc.):

Con la finalidad de alcanzar su misión: “Trabajando juntos por un mundo más sano”, Pfizer ha creado una cultura ganadora que permite que su activo más importante, su personal, se comprometa con los valores e ideales de progreso importantes para la empresa, las cuales se detallan a continuación.

- Calidad
- Enfoque en el Cliente
- Innovación
- Integridad
- Respeto a la Comunidad
- Desempeño
- Colaboración
- Liderazgo

Hoy en día el área de Logística de Pfizer tiene como propósito el proveer productos que hagan del mundo un lugar más saludable. Su misión es ser una red de distribución integrada tanto interna como externa, de manera que una ventaja competitiva para la empresa sea el ofrecer soluciones rápidas, flexibles e innovadoras, valoradas por la variedad de clientes. Para esto ha determinado los elementos esenciales necesarios para alcanzar su meta. (Pfizer Inc.)

El primero, son sus clientes con quienes tienden a asociarse para anticipar sus necesidades en una industria constantemente cambiante, al mismo tiempo que se les asegura un producto seguro y el desarrollo de soluciones que maximicen el acceso y la difusión. Así mismo, es esencial que se alcancen los compromisos financieros, se cree valor, se mejore el rendimiento y se entregue productos a costos competitivos para hacer del éxito un alcance integral tanto para la empresa como para los socios corporativos. Como apoyo se halla la gente, que se desenvuelve dentro de un ambiente que promueve la creatividad, se los valora por sus diferencias y se maximiza su contribución para alcanzar su mayor potencial. Finalmente, un componente esencial son sus procesos internos, los cuales son constantemente revisados y mejorados para

asegurar su efectividad y eficiencia, mientras se protege a los colegas, el medioambiente y tanto calidad como seguridad de los productos. (Pfizer)

Hasta la presente fecha, Pfizer enfoca su mercado a tres áreas de productos, suplementos nutricionales para bebés (NUTRI); línea de cuidado médico y farmacéutico, el cual ayuda a más de 150 millones de personas alrededor del mundo a vivir más tiempo y mejor, “con medicinas aplicables a más de 11 áreas terapéuticas” (Pfizer Inc.) (WBB); y la línea de cuidado veterinario, segmento líder en descubrimientos, desarrollo y manufactura de vacunas, medicinas y diagnósticos veterinarios (PAH).

Hoy en día, las bodegas de Pfizer, se encuentran ubicadas al norte de la ciudad de Quito, en la Avenida Manuel Córdova Galarza, Km 1. Sus instalaciones de alrededor de 4000m² se hallan bajo la operación de la compañía ILS Corporation. Esta empresa se dedica a hacer un manejo “in house” de los procesos logísticos bajo la guía de Pfizer. Cabe recalcar que Pfizer contrató las operaciones de ILS desde inicios del año 2011.

2.1.3. Cadena de frío

Actualmente, a nivel mundial la creación de nuevas vacunas gracias al reciente desarrollo tecnológico requiere de mayores esfuerzos en cuanto a costos y a problemas logísticos, como el espacio de almacenamiento y transporte, calificación del personal, entre otros. Se prevé que en los próximos años el mercado médico tratará las enfermedades de la población mediante la administración de vacunas en casi un 60%, es decir que medicamentos tradicionales como los antigripales, verán remplazada su presentación por inyectables. Estos cambios requieren que los centros de almacenamiento estén preparados para la óptima distribución del producto asegurando su eficiencia y funcionalidad. (Miranda)

Desde los años ochenta, el concepto de logística se ha incorporado al campo de las vacunas. Dentro de los procesos que se deben cumplir se encuentran desde la fabricación, hasta la distribución, almacenamiento, administración al cliente y eliminación de las vacunas en mal estado o caducado.

La cadena de frío se define como: “El conjunto de elementos y actividades necesarias para garantizar la potencia inmunizante de las vacunas desde su fabricación hasta la administración a la población” (Portero Alonso, Pator Villalba y Navarro Valdivielso). Para que esta cadena se mantenga deben cumplirse con dos factores esenciales, el tiempo y la temperatura. Esto se debe a que si existe una desviación de estos factores fuera de lo establecido el material biológico tiende a deteriorarse.

Dado el carácter termo sensible de las vacunas, la conservación de estos medicamentos debe hacerse dentro de los rangos de $+2^{\circ}\text{C}$ y $+7^{\circ}\text{C}$, su eficacia se compromete a la posible existencia de errores de manipulación durante el transporte y el almacenamiento, por esto es que se debe planificar correctamente los procedimientos operacionales exclusivos para este tipo de productos.

La cadena de frío se compone de dos partes: la cadena fija y la cadena móvil. La primera es el lugar donde se almacenan hasta su utilización (frigoríficos). La segunda está conformada de los contenedores o neveras portátiles utilizados para el transporte de las vacunas. (Portero Alonso, Pator Villalba y Navarro Valdivielso)

2.1.3.1 Elementos de la cadena de frío

- Cámaras frigoríficas: son necesarias en caso de que los volúmenes almacenados sean elevados. Para que su funcionalidad sea óptima, la cámara debe ser de fácil acceso, disponer de un espacio suficiente para realizar los procesos de embalaje, carga y expedición de vacunas, debe estar

conectada a un grupo electrógeno, regularse mediante un termostato y disponer de un sistema de registro continuo de temperatura con alarmas visuales y sonoras. (Portero Alonso, Pator Villalba y Navarro Valdivielso 17)

- Las neveras portátiles o coolers se usan tanto para el transporte de productos de cadena de frío como para el almacenamiento de los mismos en caso de falla eléctrica. Es importante que las neveras mantengan un nivel de autonomía ya que deberán conservar las vacunas en el rango de temperaturas establecido. (Portero Alonso, Pator Villalba y Navarro Valdivielso 19)

2.1.3.2 Cadena de valor

Con la finalidad de identificar los procesos y actividades que agregan valor al producto distribuido por ILS Corporation, así como las actividades de apoyo se presenta a continuación la cadena de valor:

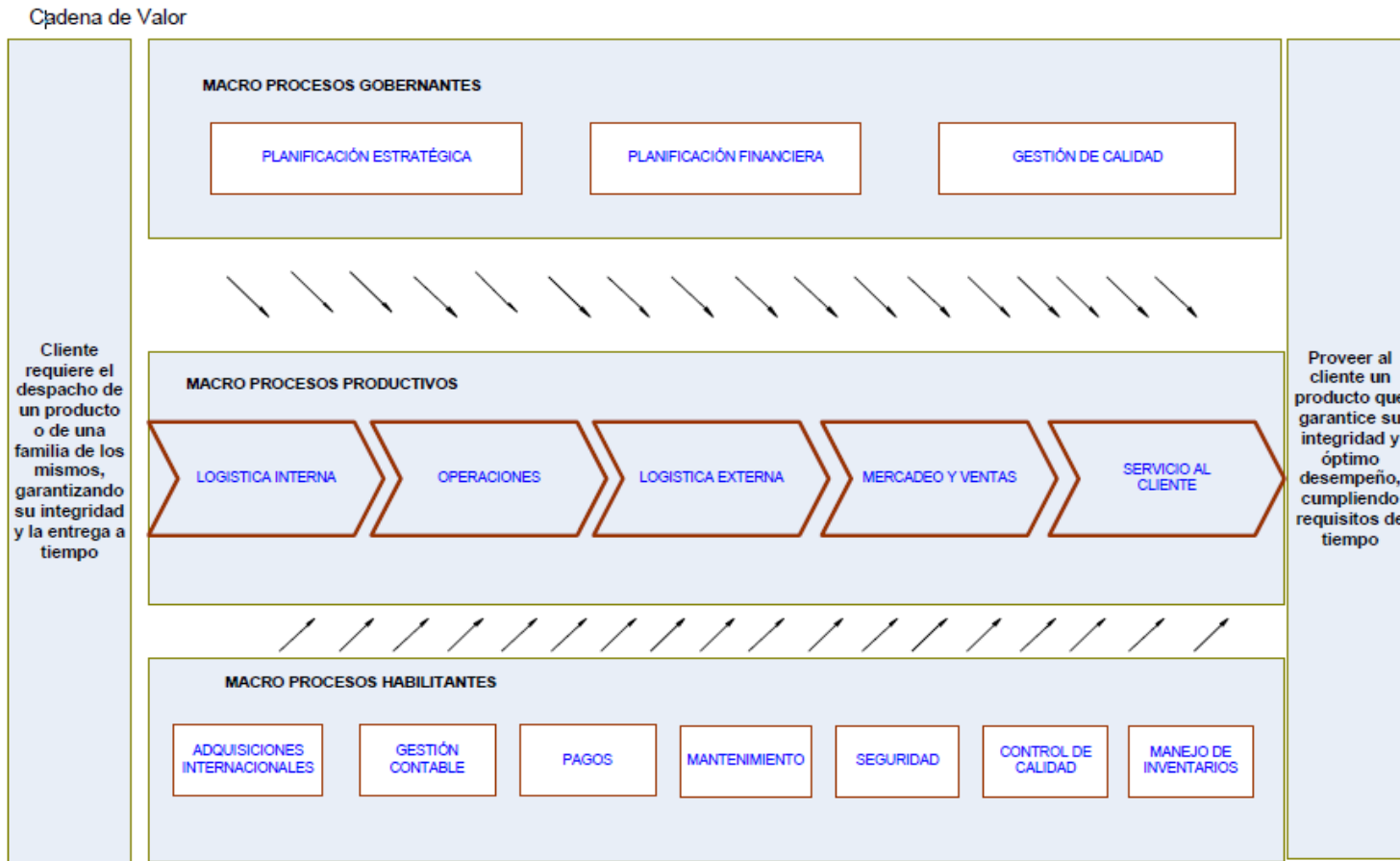


Ilustración 5: Cadena de valor de la red de distribución de Pfizer ILS (Elaboración propia)

Dentro de los procesos productivos se encuentran la logística interna, aquella que se refiere a toda actividad de movimiento y almacenamiento de productos al interior de la bodega entre sectores de clasificación. Las operaciones en sí son aquellas que buscan garantizar la existencia y disponibilidad de los productos el momento en que se requieran. Una vez que el pedido se ha realizado, la logística externa se encarga de la preparación de la orden y la distribución de esta, tanto a clientes directos como a centros de distribución. Mercadeo y Ventas, es el proceso que coordina tanto facturación como la recepción de pedidos, esta se halla directamente relacionada con las demás áreas ya que debe asegurarse la disponibilidad de productos dentro de los estándares ofrecidos. Por último el servicio al cliente es la relación directa que tiene la empresa con sus clientes, esta área maneja devoluciones o quejas existentes de las entregas realizadas.

2.1.4. Instalaciones físicas

Actualmente la bodega de Pfizer se divide en nueve zonas, de estos, cuatro se destinan a las diferentes categorías de productos (Farma, Productos Promocionales, Animal Health, Nutri). El resto se destinan al almacenamiento de productos de cadena de frío, consolidación de órdenes y recepción de mercadería, y manejo de producto devuelto. (Anexo 1)

Para la sección de mercadería seca se utiliza perchas de estructura metálica, mientras que para productos de cadena de frío se utilizan estanterías de plástico. Esta distinción se hace con la finalidad de preservar la temperatura dentro del cuarto de refrigeración y para preservar el material de posible oxidación. Tanto para productos refrigerados como aquellos considerados secos, el almacenamiento se lo hace de manera caótica.

El acopio de mercadería refrigerada se halla separado en dos cuartos de refrigeración que mantienen parámetros de temperatura específicos para el aseguramiento de las

condiciones de termo sensibilidad. El Anexo 2 muestra la disposición del cuarto de refrigeración 1, área destinada a almacenar los productos WBB o salud humana. De la misma manera, el Anexo 3 presenta la disposición del equipo de acopio para los productos de salud animal PAH.

2.1.5. Gente

El manejo actual de las bodegas de Pfizer Ecuador es posible gracias a la colaboración de dos equipos. El primero, certifica que los requerimientos de Pfizer se cumplan, es el área de GL&S de Pfizer, quien en unión con el personal operativo y administrativo de ILS Corporation saca adelante el buen funcionamiento de la bodega. Hoy en día el personal administrativo de ILS para Pfizer, se distribuye como se representa en el Anexo 4.

Como se puede ver en Ilustración 14 del Anexo 4 bajo la responsabilidad del jefe de bodega actualmente se encuentran 40 operarios de bodega y personal administrativo, encargados de desempeñar los procesos referentes al manejo operativo de toda la gama de productos existente en las instalaciones. Específicamente para el manejo de productos termo sensibles se han destinado un operario como responsable de cada línea de negocio. A esto debe añadirse el hecho que tanto para procedimientos de recepción como despachos de productos de cadena de frío participan alrededor de seis operarios los cuales han sido destinados específicamente a esta gama de productos.

A dicho personal se lo capacita constantemente tanto en los procedimientos de manejo de producto seco como en aquellos especializados en cadena de frío. Es importante constatar que existe una identificación del personal que se halla instruido en la manipulación de cadena de frío, de esta manera se evitan posibles riesgos relacionados con el mal manejo operativo.

2.1.6. Productos

Pese a que se maneja una amplia gama de productos para cada línea de negocio ya descritos anteriormente, el presente análisis se enfoca en aquellos que poseen la característica de termo sensibilidad. Estos productos se concentran en dos de las tres líneas de negocio, las cuales son Farma o soluciones para inmunización humana y Animal Health, la misma que trata el área de veterinaria.

En el primer caso, los productos de Salud Humana o Farma (WBB) representan alrededor de 15 familias de productos. De las 360 000 unidades que se despachan en promedio mensualmente, referentes WBB, casi el 2% pertenecen a la cadena de frío. Este porcentaje se traduce en un promedio de 6 092 unidades mensuales despachadas. Pese a que la cantidad no sea tan representativa en volumen despachado, el panorama es distinto cuando se analizan costos de estos productos. De hecho, dos de los productos de cadena de frío son los más significativos en cuanto a ingresos para la empresa. Es por esto que tanto la inestabilidad de la cadena al importarse, como al exportarse significan importantes pérdidas no solo en material, mas también en porción de mercado. Para la línea de productos PAH, de las 30 000 distribuciones realizadas en promedio mensualmente el 26% corresponden a productos termo sensibles. En este caso se despachan casi 7 724 unidades al mes. Se dispone de la información completa de dichos productos, más se ha codificado su nombre para garantizar la confidencialidad de los datos que comparte el cliente.

En su totalidad la cadena de frío maneja alrededor de 70 familias de productos que radican su importancia en la alta incidencia que poseen para la rentabilidad de las líneas de negocio.

2.2.Descripción de los procesos actuales de manejo de bodega

2.2.1. Flujo gramas de procesos

En el manejo de los productos que trata este análisis, los procesos de mayor relevancia son la recepción, almacenamiento y distribución de los mismos, estos se encuentran diagramados en el Anexo 5: Flujo gramas de procedimientos de cadena de frío numerados: Figura 23, Figura 24, Figura 25, Figura 26. Dichas figuras fueron realizadas a lo largo del estudio en base al desarrollo y análisis de los procesos operativos que Pfizer mantiene como estándar de sus actividades diarias. Estos procesos se los ha compartido con el operador logístico, quien ha entrenado a su personal para que se los lleve a cabo de manera correcta. Actualmente, los procesos descritos forman parte de la operación diaria de la bodega.

2.2.2. Sistema y niveles de inventario actuales

A primera vista el mayor problema que ocurre actualmente en las cámaras de refrigeración se debe a una falta de espacio para almacenar ante todo el inventario correspondiente a la división PAH. Esto incurre en la necesidad de contratar espacio de la agencia aduanera, la cual mantiene los productos en su posesión hasta la liberación de espacio en una de las dos cámaras. Además de los costos que esto significa, el problema se replica dentro de la cámara de refrigeración de WBB, dónde el espacio dedicado para almacenamiento en pallets se halla ocupado por productos de la división PAH.

Una de las principales razones por la que ocurre esto es debido a una planificación errada de emisiones de órdenes de importación de productos causada probablemente por el manejo sistemático de diversas bases de datos, donde se almacena la información referente a la demanda histórica.

2.2.3 Simulación de procesos actuales

Con la finalidad de explicar de manera ilustrativa los procesos analizados en esta tesis, se procedió a realizar una simulación de las actividades. Para esto, se inició con el análisis de aleatoriedad e independencia de datos, seguido de la estimación de las distribuciones de los datos recolectados para finalizar con el modelo presentado a continuación. El análisis se hará de acuerdo a los pasos descritos en 1.3.1 Pasos y definición de una simulación.

2.2.3.1 Análisis de los datos de entrada

De principio se realizó un estudio de aleatoriedad e independencia de datos gracias al software Minitab 15 para los datos de entrada del modelo, recolectados en los procesos de recepción y picking. Los mismos correspondían al tiempo de ingreso a la cámara fría de los coolers y al tiempo de consolidación de una orden. Por otro lado, el análisis se lo hizo de manera diferenciada entre los productos de salud humana y aquellos de veterinaria. Igualmente, pese a no ser el único medio recomendado para la realización de dicho análisis se seleccionó el método gráfico por su sencillez.

Los datos se recolectaron en minutos a lo largo de 3 meses en ambos casos para cada proceso. En primer lugar se presentará el análisis para los datos del proceso de recepción seguido del proceso de consolidación de orden.

-Análisis para datos de WBB en proceso de recepción de bultos

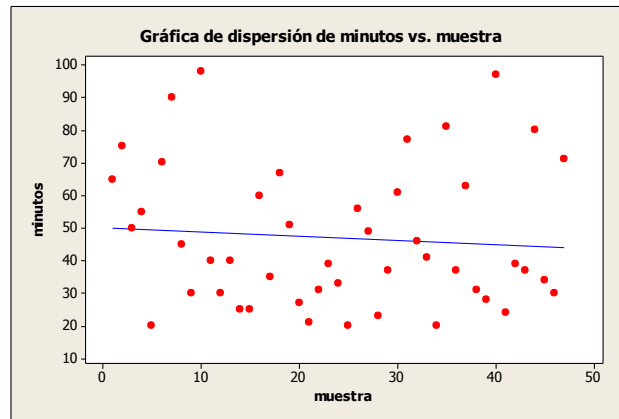


Figura 1: Gráfica de dispersión de los datos recolectados para WBB en proceso de recepción de pedidos (Elaboración propia- Minitab 15)

Esta gráfica de dispersión permite afirmar que los datos recolectados son independientes

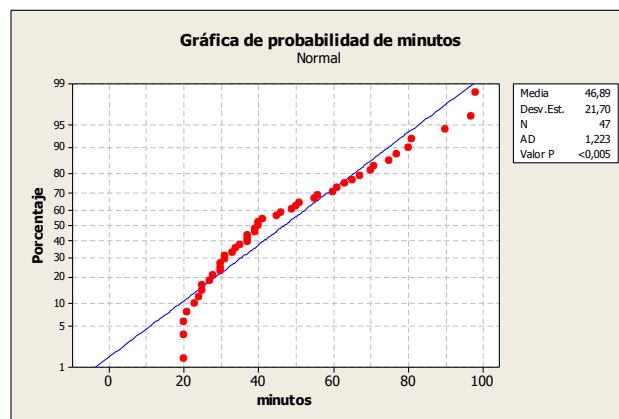


Figura 2: Gráfica de probabilidad normal de los datos recolectados para WBB en proceso de recepción de pedidos (Elaboración propia- Minitab 15)

Información que se ve ratificada por el análisis de probabilidad normal de la figura anterior, el cual considera la hipótesis nula H_0 : datos dependientes. Dado que el valor P es menor al estadístico de prueba 0,05, se puede concluir que en efecto los datos son independientes.

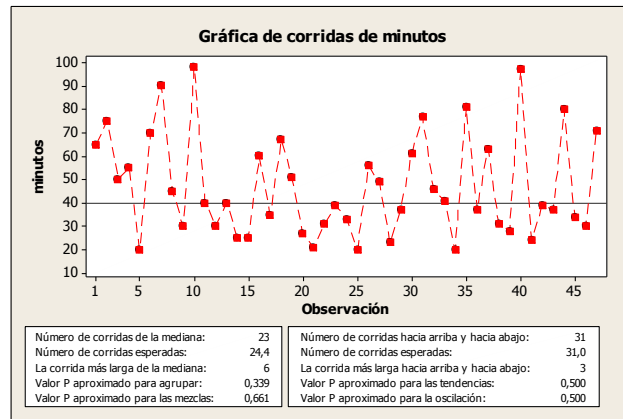


Figura 3: Gráfica de corridas de los datos recolectados para WBB en proceso de recepción de pedidos (Elaboración propia- Minitab 15)

Por último la figura anterior busca determinar si los datos son aleatorios, realizando la siguiente hipótesis H_0 : datos no aleatorios. Dado que el valor P es igualmente superior al estadístico de prueba de 0,05; se puede determinar que los datos son aleatorios.

-Análisis para datos de PAH en proceso de recepción de bultos

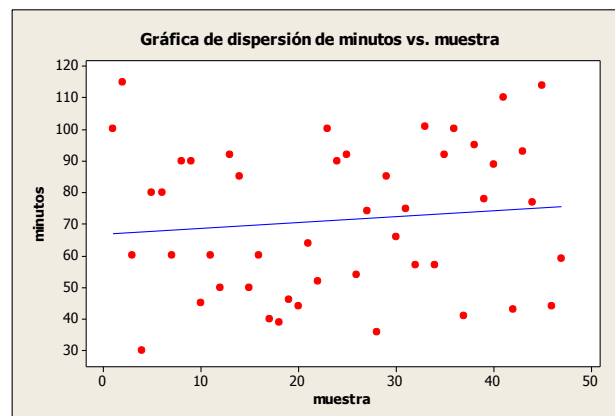


Figura 4: Gráfica de dispersión de los datos recolectados para PAH en proceso de recepción de pedidos (Elaboración propia- Minitab 15)

Esta gráfica de dispersión busca afirmar que los datos recolectados para la división PAH en recepción son independientes. Lo cual se puede concluir al no observar una tendencia.

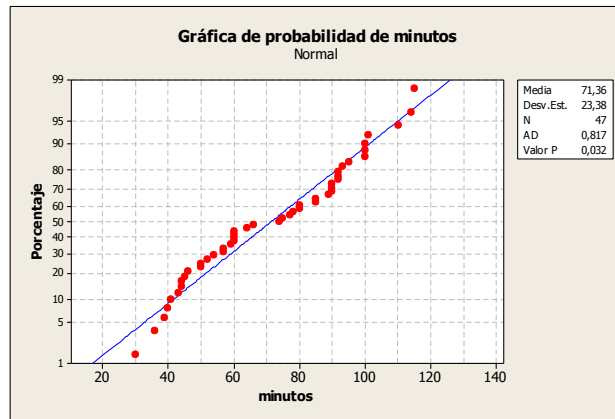


Figura 5: Gráfica de probabilidad normal de los datos recolectados para PAH en proceso de recepción de pedidos (Elaboración propia- Minitab 15)

Información que se ve ratificada por el análisis de probabilidad normal de la figura anterior, el cual considera la hipótesis nula H_0 : datos dependientes. Dado que el valor P es igual a 0,401 superior al estadístico de prueba 0,05, se puede concluir que en efecto los datos son independientes.

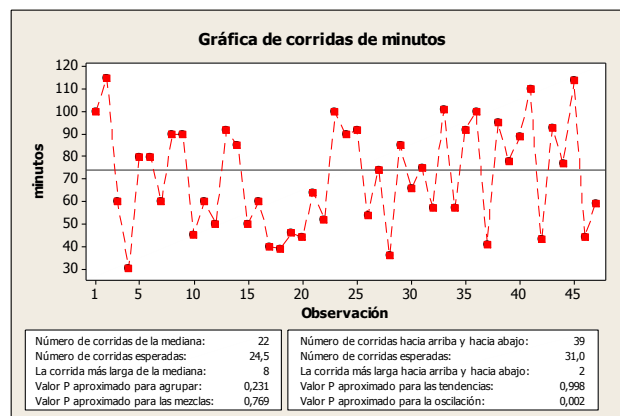


Figura 6: Gráfica de corridas de los datos recolectados para PAH en proceso de recepción de pedidos (Elaboración propia- Minitab 15)

Por último la figura anterior busca determinar si los datos son aleatorios, realizando la siguiente hipótesis H_0 : datos no aleatorios. Dado que el valor P es igualmente superior al estadístico de prueba de 0,05; se puede determinar que los datos son aleatorios.

-Análisis para datos de WBB en proceso de consolidación de pedidos

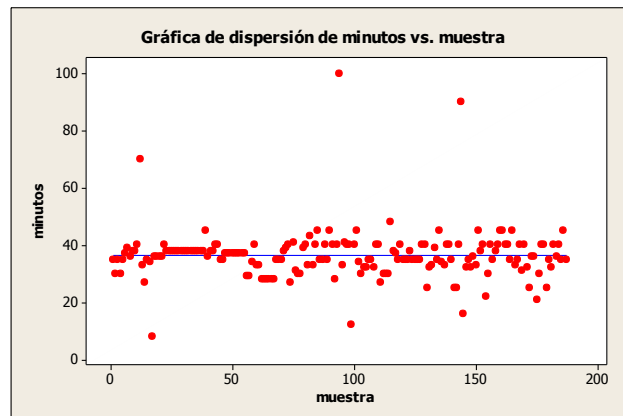


Figura 7: Gráfica de dispersión de los datos recolectados para WBB en proceso de consolidación de pedidos (Elaboración propia- Minitab 15)

Esta gráfica de dispersión busca afirmar que los datos recolectados para la división WBB en la consolidación de órdenes son independientes. Sin embargo, se puede ver la existencia de 5 puntos atípicos los cuales al no ser la realidad común se pueden eliminar. Cabe recalcar que pese a la existencia de datos atípicos se puede afirmar que no existe tendencia alguna en los datos.

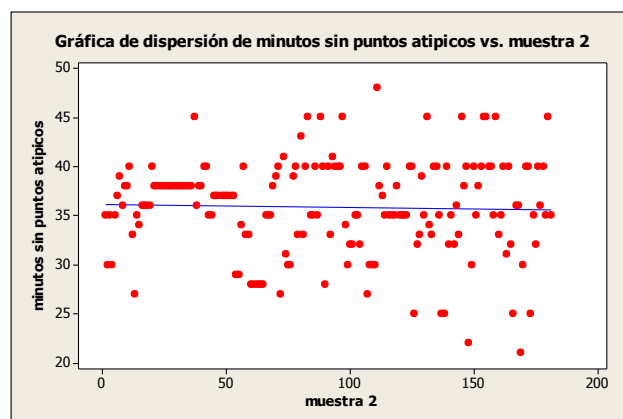


Figura 8: Gráfica de dispersión de los datos sin puntos atípicos recolectados para WBB en proceso de consolidación de pedidos (Elaboración propia- Minitab 15)

Al eliminar los datos atípicos se puede observar con mayor precisión la existencia de variabilidad en los datos por lo que son independientes.



Figura 9: Gráfica de probabilidad normal de los datos sin puntos atípicos recolectados para WBB en proceso de consolidación de pedidos (Elaboración propia- Minitab 15)

La conclusión de independencia se ve respaldada por el análisis de probabilidad normal de la figura anterior, el cual considera la hipótesis nula H_0 : datos dependientes.

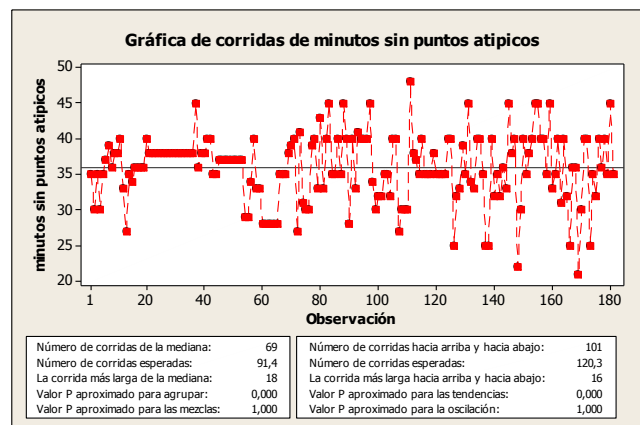


Figura 10: Gráfica de corrida de los datos sin puntos atípicos recolectados para WBB en proceso de consolidación de pedidos (Elaboración propia- Minitab 15)

Por último la figura anterior busca determinar si los datos son aleatorios, realizando la siguiente hipótesis H_0 : datos no aleatorios. Dicha prueba permite afirmar que los datos son aleatorios

-Análisis para datos de PAH en proceso de consolidación de órdenes

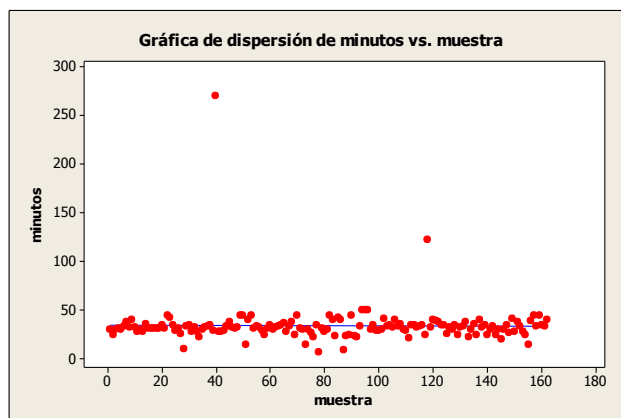


Figura 11: Gráfica de dispersión de los datos recolectados para PAH en proceso de consolidación de pedidos (Elaboración propia- Minitab 15)

Esta gráfica de dispersión busca afirmar que los datos recolectados para la división WBB en la consolidación de órdenes son independientes. Sin embargo, se puede ver la existencia de 2 puntos atípicos los cuales al no ser la realidad común se pueden eliminar. Cabe recalcar que pese a la existencia de datos atípicos se puede afirmar que no existe tendencia alguna en los datos.

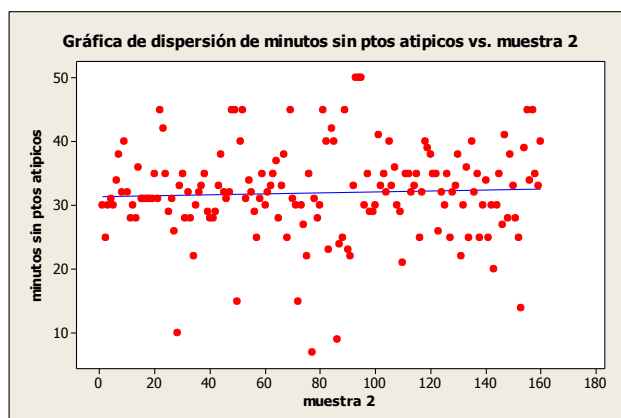


Figura 12: Gráfica de dispersión de los datos sin puntos atípicos recolectados para PAH en proceso de consolidación de pedidos (Elaboración propia- Minitab 15)

Al eliminar los datos atípicos se puede observar con mayor precisión la existencia de variabilidad en los datos por lo que son independientes.

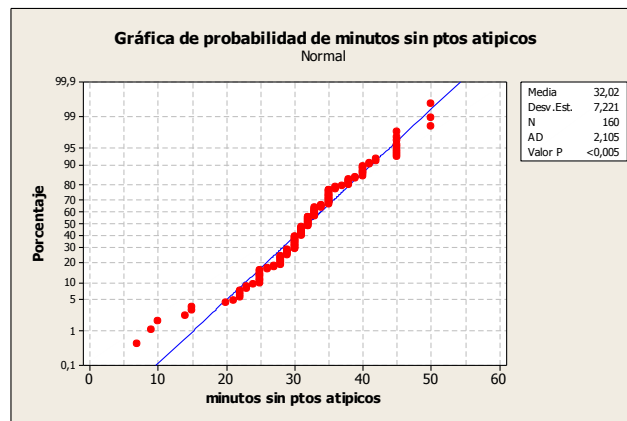


Figura 13: Gráfica de probabilidad normal de los datos sin puntos atípicos recolectados para PAH en proceso de consolidación de pedidos (Elaboración propia- Minitab 15)

La conclusión de independencia se ve respaldada por el análisis de probabilidad normal de la figura anterior, el cual considera la hipótesis nula H_0 : datos dependientes.

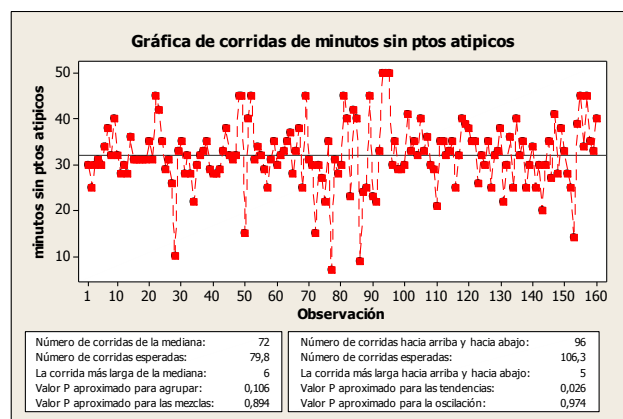


Figura 14: Gráfica de corrida de los datos sin puntos atípicos recolectados para PAH en proceso de consolidación de pedidos (Elaboración propia- Minitab 15)

Por último la figura anterior busca determinar si los datos son aleatorios, realizando la siguiente hipótesis H_0 : datos no aleatorios. Dicha prueba permite afirmar que los datos son aleatorios

Tras realizar el análisis de aleatoriedad e independencia de los datos se procedió con la determinación de las distribuciones que siguen estos datos recolectados necesarios para la realización posterior del modelo.

- *Determinación de distribuciones de datos reales*

Gracias a la modalidad de Input Analyzer herramienta de Arena ®, se puede determinar que las distribuciones de los datos obtenidos son aquellas representadas en el Anexo 19.

2.2.3.2 Determinación del modelo de simulación

Para la modelización del sistema se utilizó el software Arena ®. Basado en el análisis previamente realizado y de los procesos descritos en el apartado Flujo gramas de procesos se definió el modelo presentado en el Anexo 17.

Se observa que el manejo logístico tanto de WBB como de PAH se hace de manera separada, por lo que se recomienda mantener esta separación a lo largo del análisis. En el caso de WBB se consideró que el 80% de los productos almacenados se despachan a corto plazo dejando un 20% al interior de la bodega como inventario de seguridad. Del mismo modo, en el caso de la cámara de PAH se asignó el 90% de los productos almacenados a su despacho casi inmediato, mientras que el 10% se mantuvo como inventario de seguridad.

Se validó la simulación obtenida calculando una longitud de corrida de 2400 horas y de 5 réplicas, mediante las ecuaciones 25 a 29, considerando alpha como 0,05 y una desviación permitida de la media de máximo 2 minutos.

2.2.3.3 Determinación de resultados de las corridas de la simulación

La presente simulación busca determinar la implicación de la carga temporal en los procesos estudiados. Es por lo que se presenta el resumen de tiempos en cola y unidades en espera a lo largo de los procesos analizados

Entity				
Other				
WIP	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Medicamentos PAH	2.4113	0,137034849	0	8.0000
Medicamentos WBB	1.4599	0,071202284	0	7.0000

Queue				
Time				
Waiting Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Almacenamiento PAH.Queue	0.2388	0,035161832	0	2.5186
Almacenamiento WBB.Queue	0.01730420	0,002633146	0	0.4791
llevar a despacho.Queue	0	0,000000000	0	0
llevar despacho PAH.Queue	0.00000987	0,000012963	0	0.01573066
Picking PAH.Queue	0.1913	0,028678416	0	2.1131
Picking wbb.Queue	0.1977	0,038575781	0	2.8145
transporte a almacenamiento.Queue	0	0,000000000	0	0
Transporte almacenamiento PAH.Queue	0	0,000000000	0	0

Tabla 5: Resumen de tiempo en colas y trabajos en modelo simulado (Arena Rockwell)

La tabla expuesta anteriormente permite determinar que el cuello de botella potencial a lo largo del proceso son las actividades de picking tanto para la división WBB como

para la división PAH. Este evento es uno de los factores que se espera mejorar mediante la aplicación de tecnologías de información.

Como se puede observar, el proceso de consolidación de pedidos para productos WBB tiene un tiempo en cola mayor que para el caso de salud animal. Sin embargo, ocurre lo contrario en los procesos de almacenamiento donde la fila toma más tiempo para productos de veterinaria. La primera diferencia se la puede asociar a ciertas diferencias en la preparación de embalajes de salud humana que debe incorporar la colocación de monitores que registren la temperatura a lo largo del despacho. Lo cual no ocurre en el despacho de productos PAH, donde el embalaje es de menor complejidad dada su distribución mediante un vehículo refrigerado.

2.3.Descripción del sistema actual de Información

2.3.1. Descripción del uso actual de los códigos de barra

Actualmente, el servidor logístico ILS Corporation ha incluido en sus operaciones el uso de códigos de barras del tipo EAN (European Article Number). Se los ha incorporado específicamente para el proceso de despacho de bultos. El objetivo principal de esta actividad ha sido mejorar la trazabilidad de los bultos remplazando las etiquetas antiguas por el método de lectores de códigos de barra.

Tanto en las etiquetas anteriormente utilizadas, como el nuevo método incorpora la siguiente información: (Luna)

- Tipo de documento (factura)
- Número de documento
- Cantidad de bultos
- Nombre del usuario

- Ciudad

Las actividades a realizar previo el etiquetado son similares a aquellas que están detalladas en el Anexo 5 en la Figura 26. Sin embargo, tras sellar el empaque se registra en el sistema informático la información, antes mencionada e imprime la etiqueta, la cual se ubica en un lugar visible del bulto a despachar. Sin embargo, este procedimiento no ha sido incluido para el proceso de despacho de productos de cadena de frío.

2.3.2. Descripción del software y hardware actual

El sistema que maneja el Operador Logístico se enfoca ante todo en mantener una trazabilidad de los niveles de inventario disponibles en las diferentes bodegas en las que se divide las operaciones de Pfizer. El software desarrollado de manera interna por el departamento de Sistemas de ILS Corporation, se denomina ILMS, este posee una interfaz denominada GECIP, el cual permite realizar actividades como la facturación a clientes finales, indicar los niveles críticos, registrar transacciones de productos (Recepción y despachos), así como determinar las localizaciones de ubicación el momento de la recepción. (Farto)

De igual manera, Pfizer posee un sistema paralelo de manejo de niveles de inventario. Este se denomina SUN system y las funcionalidades son similares a las descritas anteriormente. De hecho, el módulo de manejo de inventarios permite a la compañía asegurar una visibilidad total del producto, manteniendo un control del lote despachado. Dentro de las capacidades de este sistema se encuentran actividades como: transferencias de ubicación del inventario, registro de movimientos y despachos, determinación automática de ubicación de inventario, impresión de órdenes de recolección, conteo de inventario disponible, entre otros. (FindAccountingSoftware.com)

Cabe recalcar que la información debe ser ingresada tanto en el sistema ILMS como en SUN system para la trazabilidad de niveles de inventarios de ambas compañías.

De manera adicional, a nivel mundial la cadena de abastecimiento de Pfizer maneja entre otro software para el registro de niveles de inventarios, incorporación de pronósticos y transacciones. El primero es un sistema DSS (Sistema de Soporte de Decisión), es un medio de soporte encaminado a unir “los recursos intelectuales de los individuos con la capacidad de las computadoras para mejorar la calidad de las decisiones” (Guzman y Chávez). Estos métodos buscan ofrecer a sus usuarios la información exacta en el momento que se la requiere. Mediante el paquete “DecisionTime” permite la creación de pronósticos dentro de un mediano plazo, además de analizar las tendencias de consumo para lanzar alertas de inventario. Aquí se presenta un ejemplo de creación de pronósticos gracias a esta herramienta.

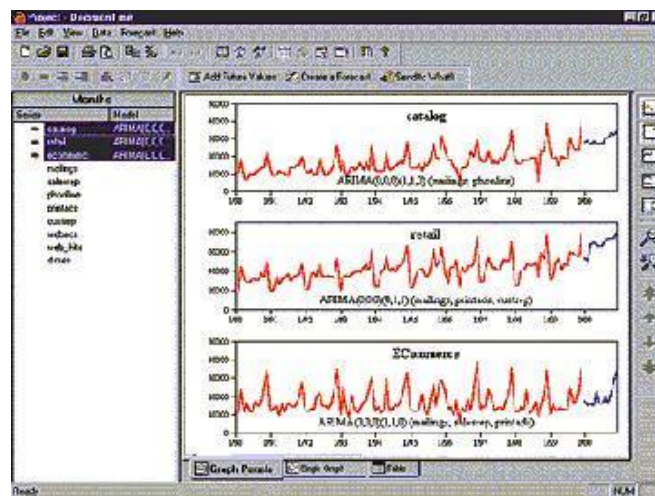


Figura 15: Pronóstico creado por "DecisionTime" (Guzman y Chávez)

Como se puede ver en la Figura 15, esta herramienta guía al usuario para que introduzca los datos de las ventas pasadas para posteriormente seleccionar las variables que se quiere pronosticar y los periodos a pronosticar. Es importante recalcar que es posible seleccionar los factores relevantes que afectarán el pronóstico y el programa ajustará la

relevancia de cada uno. Con esta información el software creará los pronósticos automáticamente. (Guzman y Chávez)

En conclusión, actualmente la información de la realidad de inventarios se halla manejada por diversas bases de datos y programas que pueden complicar la comunicación de datos entre áreas. Además es usual que no se disponga de la información actualizada en todas las bases de datos, lo que complica su uso el momento de realizar estimaciones de pronósticos o análisis de inventarios y realización de pedidos.

3 Capítulo Tres: Análisis de información y propuesta de mejoramiento

3.1 Propuesta de mejoramiento del manejo de bodega

3.1.1 Estudio previo de niveles de inventario

3.1.1.1 Clasificación ABC

Con el objetivo de determinar aquellos productos de cada área de mayor representatividad en cuanto a requerimiento de recursos tanto de mano de obra como de espacio dentro de la bodega, se procedió a realizar una clasificación ABC de estos. Teniendo en cuenta que todos son productos de cadena de frío por lo que su costo de mantenimiento es similar, se enfoca el criterio de importancia como la cantidad de inventario en mano. Esto se debe a que a mayor inventario mayor cantidad de recurso físico de almacenamiento deberá considerarse.

Clasificación de productos WBB

Tomando en cuenta la demanda de la totalidad de los 16 productos entre los años 2007 y 2011 (hasta el mes de septiembre), se procedió al análisis del impacto de cada línea en la utilización de recursos. Fue necesario convertir la demanda de unidades a SKU's o número de cajas que esta demanda representa. Los resultados se exponen a continuación:

Class	Cantidad de SKU's		Número de Items	
	Total	Percent	Total	Percent
A	1.225	51,91%	2	16,67%
B	838	35,51%	4	33,33%
C	297	12,58%	6	50,00%

Tabla 6: Distribución ABC para productos WBB

(Elaboración propia)

Los mismos se pueden representar de manera diferente como se muestra a continuación:

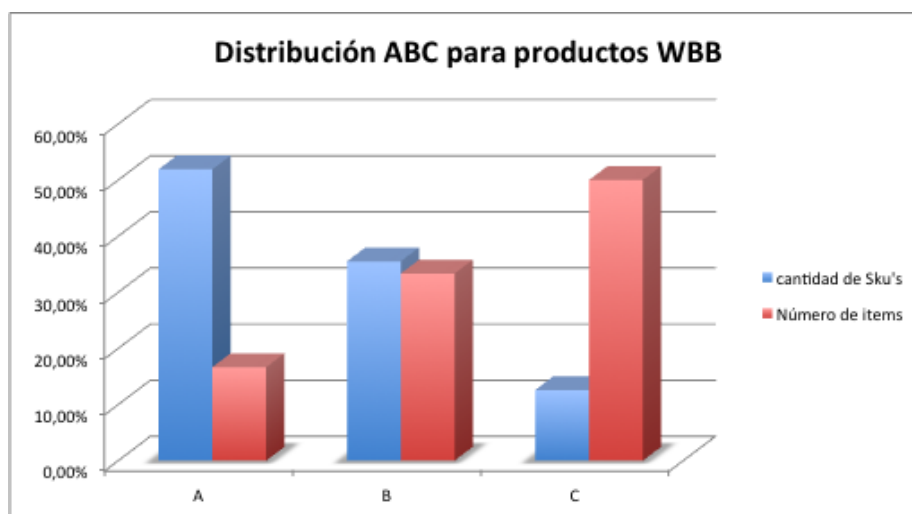


Ilustración 6: Distribución ABC para productos WBB

Las representaciones anteriores permiten ver que 2 productos de la línea WBB representan un requerimiento de espacio físico de alrededor 52%, siendo estos considerados como productos A. Acto seguido 4 productos concentran el 35% de espacio de almacenamiento, tomando así la denominación de productos B. Por último, el resto de marcas son aquellas que no tienen una demanda significativa como para superar el 13% de requerimiento de espacio. Estos productos son de categoría C.

A continuación se lista los productos en las distintas categorías (teniendo en cuenta la codificación necesaria con fines de confidencialidad)

CATEGORÍA A	CATEGORÍA B	CATEGORÍA C
P3, P8	P4,P7,P6,P11	P1,P2,P5,P9,P10,P12

Tabla 7: Clasificación de productos WBB en categorías ABC

Para mayor información referirse a Anexo 8: Detalle de Clasificación ABC para productos WBB.

Clasificación de productos PAH

Al igual que en el caso de los productos WBB, se consideró la demanda real de la línea PAH. Sin embargo, la disponibilidad de información de esta área se centra alrededor de los años 2009- 2011 (hasta el mes de septiembre). Igualmente, se cambió el número de unidades demandadas por la cantidad de SKU's que estas representaban. La distribución se presenta a continuación.

Class	Cantidad de SKU's		Número de Items	
	Total	Percent	Total	Percent
A	1.601	44,87%	4	16,00%
B	1.074	30,11%	5	20,00%
C	893	25,02%	16	64,00%

Tabla 8: Resumen de clasificación ABC para productos PAH

De manera más visual la distribución puede estar representada por el gráfico siguiente:

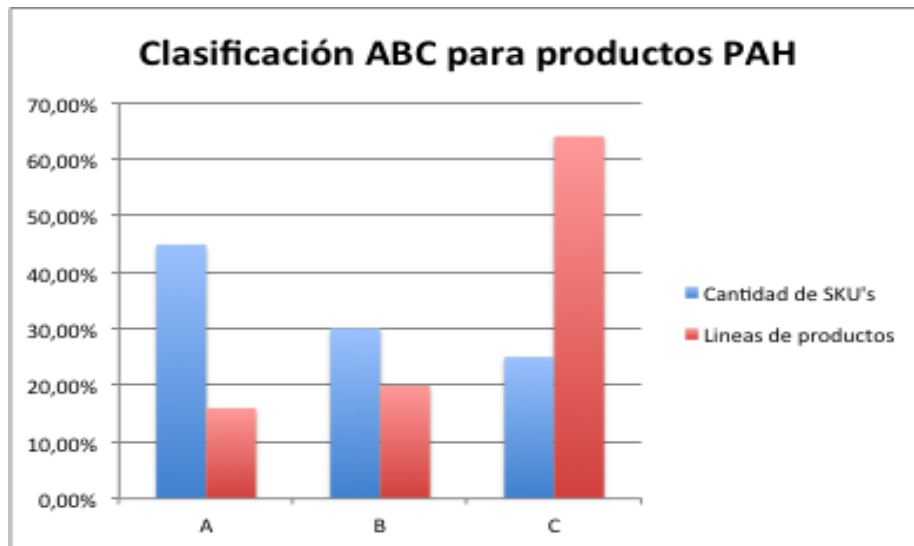


Ilustración 7: Gráfico de clasificación ABC para productos PAH

En el caso de los productos de veterinaria, la gama de marcas es mayor por lo que 4 productos o el 16% de ellos se asocian con un 44,87% de uso de espacio de almacenamiento, estos son los productos A. Los productos B son el 20% o 5 ítems que ocupan el 30%. Estas clasificaciones previas dejan a 16 productos que ocupan alrededor del 25%. La clasificación está hecha de la siguiente manera, como en el caso anterior los productos se hallan codificados con la finalidad de mantener la confidencialidad.

CATEGORÍA A	CATEGORÍA B	CATEGORÍA C
P1, P2,P3,P4	P5, P6,P7,P8,P9	P10,P11, P12,P13,P14,P15, ..., P24, P25

Tabla 9: Clasificación de productos PAH en rangos ABC

Para mayor información de esta división favor referirse al Anexo 9: Descripción de la clasificación ABC para productos PAH.

3.1.1.2 *Pronósticos de cantidades a ser almacenadas dentro de la cámara fría*

Con la finalidad de determinar las cantidades que requieren ser almacenadas dentro de las instalaciones físicas disponibles, se prosiguió con un estudio de pronósticos de estas marcas comerciales. Para minimizar el error admitido durante el presente análisis, se realizaron estimaciones futuras tanto para productos A como para aquellos de clasificación B de cada rama. Además dado que el interés del presente análisis se centra en identificar una solución para las unidades de almacenamiento, los cálculos se realizaron enfocándose en el número de SKU's o cajas que se manejan en la bodega.

Sin embargo, se consideró una diferenciación entre los pronósticos para productos A y aquellos de la categoría siguiente. Teniendo en cuenta que los pronósticos que marquen un MAPE de entre 10% y 20% son considerados como “BUENOS” y que aquellos el cual este error se encuentra dentro del rango 20% a 30% como “ACEPTABLE” (Ghiani, Laporte y Musmanno); se definió como característica estrictamente necesaria de los productos A tener una calificación “BUENO”, mientras que para productos de clase B se puede llegar a trabajar con un MAPE “ACEPTABLE”.

Para determinar estas cantidades se basó el estudio en el historial de demanda entre los años 2007-2011 (hasta el mes de septiembre) para la categoría de salud humana, mientras que para veterinaria solo se dispone información relacionada a los años 2009-2011 (hasta el mes de septiembre). Con la finalidad de minimizar el ruido de los datos existente entre los primeros meses del año y los últimos, se determinaron demandas bimensuales como base para los cálculos. La longitud para la cual se calculó las estimaciones es de 6 períodos bimensuales, es decir un año. Después de este tiempo se

considera que la exactitud del pronóstico se ve afectada. (Ghiani, Laporte y Musmanno).

Los métodos utilizados para establecer las cantidades estimadas, se describieron en “1.1.2.1.2 Herramientas matemáticas de elaboración de pronósticos”. A continuación se detallan la metodología asociada a cada línea comercial, sus variables y el valor del error MAPE con el cual se determinó el pronóstico. Es necesario recalcar que las siguientes tablas resumen las combinaciones de variables más eficientes para cada producto tras una serie de combinaciones realizadas que permitieron determinar el valor más óptimo de estas.

PRODUCTO	CLASIFICACIÓN	MÉTODO SELECCIONADO	VARIABLES	ERROR DE PRONÓSTICO (MAPE)
P3	A	Winters	$\alpha: 0.2$ $\beta: 0.2$ $\gamma: 0.2$	17,96
P8	A	Suavizamiento exponencial doble	$\alpha: 0.7$	20,72
P4	B	Winters	$\alpha: 0.2$ $\beta: 0.2$ $\gamma: 0.2$	25,35
P7	B	Winters	$\alpha: 0.01$ $\beta: 0.5$ $\gamma: 0.43$	28,14
P6	B	Suavizamiento exponencial doble	$\alpha: 0.24$	18.21
P11	B	Suavizamiento exponencial doble	$\alpha: 0.18$	22,62

Tabla 10: Métodos de pronósticos para productos WBB

Para mayor información de estos pronósticos y sus resultados referirse a Anexo 10:

Detalle de pronósticos para productos WBB

PRODUCTO	CLASIFICACIÓN	MÉTODO SELECCIONADO	VARIABLES	ERROR DE PRONÓSTICO (MAPE)
P1	A	Winters	$\alpha: 0.1$ $\beta: 0.2$ $\gamma: 0.52$	16.48
P2	A	Winters	$\alpha: 0.2$ $\beta: 0.2$ $\gamma: 0.2$	16,72
P3	A	No aplica producto de venta descontinuada		
P4	A	Suavizamiento exponencial doble	$\alpha: 0.3$	18,86
P5	B	Suavizamiento exponencial doble	$\alpha: 0.2$	15,12
P6	B	No aplica producto de venta descontinuada		
P7	B	Winters	$\alpha: 0.1$ $\beta: 0.5$ $\gamma: 0.01$	38.06
P8	B	Winters	$\alpha: 0.2$ $\beta: 0.2$ $\gamma: 0.2$	17.58
P9	B	Suavizamiento exponencial simple	$\alpha: 0.2$	8,65

Tabla 11: Métodos de pronósticos para productos PAH

Para mayor información referente a los pronósticos realizados para estos productos, ver

Anexo 11: Detalles de pronósticos para productos PAH.

Gracias a estos pronósticos se puede estimar la cantidad que será requerida a lo largo del año siguiente. Esta información se resume a continuación considerando que los

pronósticos se realizaron de manera bimensual, los pedidos se harán de la misma manera por lo que se obtiene:

Producto	Mes1-2	Mes3-4	Mes5-6	Mes7-8	Mes9-10	Mes11-12
P3	17.89	10.6	13.18	11.47	14.36	1.5
P8	34.65	34.82	34.98	35.14	35.31	35.47
P4	15.38	23.48	11.45	17.48	22.51	23.45
P6	6.23	6.23	6.23	6.23	6.23	6.23
P7	6.24	6.06	8.12	7.48	6.64	6.46
P11	8.16	8.3	8.44	8.58	8.72	8.86
Sub total SKU's	88.55	89.49	82.4	86.38	93.77	81.97
Holgura para productos C e inventario de seguridad (20%)	17.71	17.898	16.48	17.276	18.754	16.394
Total SKU's	107	108	99	104	113	99

Tabla 12: Cantidades a almacenar en cámara de productos WBB de cadena de frío

Producto	Mes1-2	Mes3-4	Mes5-6	Mes7-8	Mes9-10	Mes11-12
P1	54.69	44.13	30.84	31.98	56.31	45.75
P2	38.1	37.82	38.32	41.86	41.58	42.08
P4	26.84	27.77	28.71	29.64	30.57	31.05
P5	19.66	20.16	20.66	21.16	21.65	22.15
P7	7.69	12.33	21.48	21.26	11.9	21.05
P8	11.95	6.76	5.27	17.78	10.6	5.41
P9	5.96	5.96	5.96	5.96	5.96	5.96
Sub total SKU's	164.89	154.93	151.24	169.64	178.57	173.45
Holgura para productos C e inventario de seguridad (20%)	32.978	30.986	30.248	33.928	35.714	34.69
Total SKU's	198	186	182	204	215	209

Tabla 13: Cantidades a almacenar en cámara de productos PAH de cadena de frío

De igual manera, se contrasto los resultados obtenidos con los métodos cualitativos utilizados actualmente para la realización de pronósticos en la empresa para los primeros seis meses del año 2012. Se constata los siguientes resultados:

Producto	Cantidad pronosticada en estudio	Cantidad pronosticada en empresa	Porcentaje de desviación
P3	29	20	45%
P8	84	66	27%
P4	42	32	31%
P6	15	28	-46%
P7	18	15	20%
P11	21	28	-25%
Promedio			8.68%

Tabla 14: Diferencias entre cantidades pronosticadas para productos WBB (Elaboración propia)

Producto	Cantidad pronosticada en estudio	Cantidad pronosticada en empresa	Porcentaje de desviación
P1	158	108	46%
P2	140	109	28%
P4	101	43	135%
P5	75	115	-35%
P7	52	39	33%
P8	30	65	-54%
P9	21	43	-51%
Promedio			14.737%

Tabla 15: Diferencias entre cantidades pronosticadas para productos PAH (Elaboración propia)

Se puede ver que la diferencia obtenida para pronósticos realizados para PAH es mayor comparado con aquellos determinados por la empresa mediante métodos cualitativos en casi un 15%. De igual manera, pese a no ser tan alta la diferencia encontrada en el caso de productos WBB, la misma alcanza casi el 9%. Sin embargo, en promedio hasta el mes de septiembre 2011 se registra un nivel de backorder frente a las ventas del 1.51% para WBB y de 3.07%. (Supply Chain Pfizer Ecuador) Estos niveles significan costos

para la empresa los cuales se pueden minimizar considerando una mejor planificación de los niveles pronosticados mediante el uso de métodos cuantitativos.

3.1.1.3 Inventarios

Actualmente, el nivel de inventario se revisa de forma cíclica de manera manual cada semana. Una vez al mes se procede a realizar una toma total del inventario. En el caso de presentarse alguna anomalía, se procede a realizar el pedido del lote que haya superado el nivel de reorden o que se considere próximo al mismo. Caso contrario, la emisión de órdenes se sustenta mediante una planificación anual durante la cual se determina tanto el momento en se considera que una orden es necesaria, así como su cantidad. Así las recepciones de mercadería se realizan a lo largo de todo el año con un tiempo estimado de espera de 1,5 meses es decir 0,125 años. Dentro del manejo de ventas e inventarios, se permite la existencia de faltantes los cuales serán cubiertos una vez que el producto se halle en las bodegas de la sede Ecuador. Esta planificación mensual no implica la participación de ILS Corporation, ni se la comparte con este actor. (Sevilla)

Sin embargo, al ir más allá en la cadena de suministro se puede ver que el manejo de inventarios actual de Pfizer a nivel mundial se realiza bajo un sistema VMI. Este modelo permite que las plantas productoras de medicamentos estén constantemente alerta a la disminución de niveles de inventario mediante sistemas electrónicos de bases de datos. (Recalde, Supply and Inventory Planning) De este modo, al llevar al punto de reorden las plantas lanzan una alerta de que el producto está por alcanzar niveles críticos de inventario por lo que se debe emitir una orden. Es decir que durante la revisión continua si el nivel registrado baja de un cierto punto la orden realizada debe ser la cantidad Q especulada gracias al estudio del comportamiento de la demanda. Es

por esto que se considera para el estudio realizado, un sistema de reabastecimiento del tipo (Q, R)

Con la finalidad de determinar tanto el punto de re orden óptimo, como la cantidad Q con la cual se debería realizar la orden, se recurrió al uso de un programa de computación llamado WinQSB, el cual requiere la modificación de los campos siguientes por los valores reales de la empresa:

DATA ITEM	ENTRY
Demand distribution (in year)	Normal
Mean (u)	
Standard deviation (s>0)	
(Not used)	
Order or setup cost	
Unit acquisition cost	
Unit holding cost per year	
Estimated % of shortage will be backordered	100
Unit backorder cost	
Estimated % of shortage will be lost	0
Unit lost-sales cost	M
Fixed cost if shortage occurs	
Lead time distribution (in year)	Constant
Constant value	
(Not used)	
(Not used)	

**Tabla 16: Información requerida para la resolución de modelos (Q,R)
(software WinQSB)**

Permite resolver de manera iterativa las ecuaciones introducidas en el apartado 1.1.3.3 *Herramientas matemáticas para manejo de inventario*. Como ejemplo de resolución se presentará a continuación la determinación del punto de re orden, cantidad óptima de reorden para el producto de clasificación A, P3 de la rama comercial WBB.

Determinación de niveles de inventario para P3-WBB

Paso 1: Determinación de la distribución de los datos pronosticados

Se realizó una prueba de normalidad como primera opción para determinar la distribución de probabilidad a considerar. De lo cual se obtuvo el siguiente resultado:

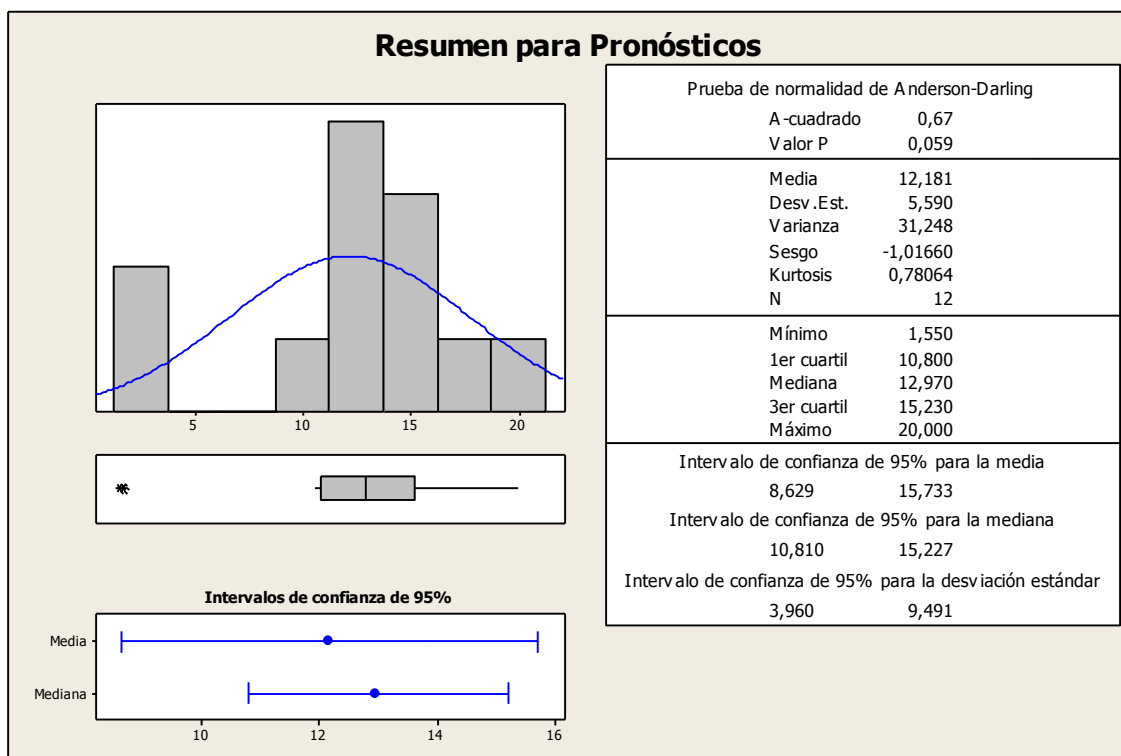


Figura 16: Resumen gráfico para pronósticos P3-WBB (Elaboración propia, generado en Minitab 15)

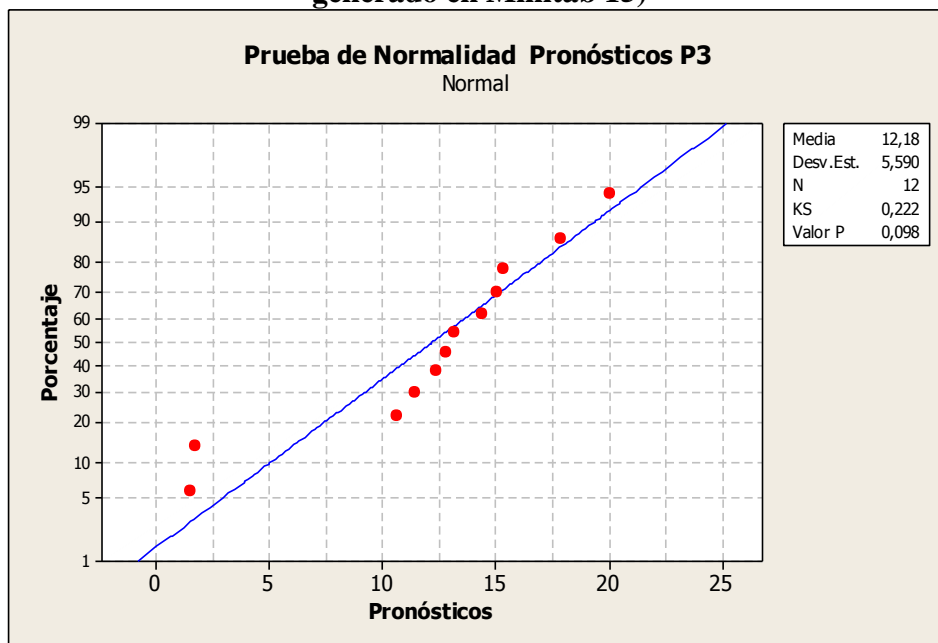


Figura 17: Prueba de normalidad de lápiz grueso para pronósticos P3-WBB (Elaboración propia, generado en Minitab 15)

De estas pruebas se puede ver que tanto mediante la prueba de Anderson-Darling, como la de lápiz grueso; el valor de P es mayor al 0,05 valor definido de alpha como necesario para aceptar la hipótesis nula de normalidad de los datos.

Por lo tanto los valores pronosticados para el producto P3 siguen una distribución normal de factores media: 12,18 y desviación estándar de 5,57.

Al realizar el análisis para cada producto se obtiene las distribuciones siguientes:

Producto	Anderson-Darling	Lápiz grueso	Distribución
P3	P=0,059	P=0,098	N(12,18;5,57)
P8	P=0,77	P=0,77	N(57,19;27,33)
P4	P<0,005	P<0,01	Weibull(-4,89;20,93;3,45)
P7	P=0,777	P>0,15	N(5,11;1,86)
P6	P<0,005	P<0,01	Weibull(4,45;0,47;1,14)

Tabla 17: Distribuciones de probabilidad para pronósticos de productos WBB (Elaboración propia)

Producto	Anderson-Darling	Lápiz grueso	Distribución
P1	P=0,112	P=0,043	N(39,12;12,46)
P2	P=0,537	P>0,15	N(31,30;7,59)
P5	P<0,005		Weibull(12,76;3,68;1,12)
P7	P=0,013		Weibull(5,86;10,29;1,55)
P8	P=0,215	P>0,15	N(11,97;5,428)
P9	P=0,014		Weibull(0;5,87;1,70)

Tabla 18: Distribuciones de probabilidad para pronósticos de productos PAH (Elaboración propia)

Paso 2: Determinación de costos relevantes para el manejo de inventarios

El costo de **realizar una orden** se estima entre el 8% y 10% del precio unitario estándar del producto. Es decir, suponiendo que el precio del producto esté registrado en 100\$ USD, el costo implicado en la realización de una orden sería de 10\$ USD. (Pacheco)

Por otra parte el **costo de mantenimiento del producto** en la bodega se asocia con un 30-35% del precio unitario estándar del producto. De hecho, este valor considera tanto costo de almacenamiento físico (5%-10%), el costo de capital (20%), impuestos (2%), seguros de almacenamiento (3%). (Sevilla)

El **costo de adquisición por unidad del producto** está asociado con el precio unitario estándar del mismo. Es el mismo caso que el costo de backorder. Por otro lado, el costo fijo de faltante se considera un 8% del precio del producto.

Por otro lado, el tiempo de espera en el reabastecimiento se ha especificado dentro de los acuerdos entre las plantas y el centro de distribución local, como de un período máximo de 0,125 años, por lo que para los cálculos realizados dentro del estudio se lo tomará como una constante. (PGLS Ecuador)

Paso 3: Determinación de niveles de inventario

Gracias al uso del software mencionado anteriormente, se pudo resolver el modelo (Q,R) para el producto P3- WBB obteniendo los siguientes resultados:

Nivel de re orden óptimo: 4.27 SKU o un aproximado de 5 SKU

Cantidad óptima de pedido: 3.70 SKU o un aproximado de 4 SKU

Promedio de inventario mínimo disponible: 2.67 SKU o un aproximado de 3 SKU

Promedio de inventario máximo disponible: 6.37 SKU o un aproximado de 7 SKU

Promedio de inventario disponible: 4.52 SKU o un aproximado de 5 SKU

Stock de seguridad: 2.67 o un aproximado de 3 SKU

Realizando estos pasos de manera repetida para la totalidad de productos se obtienen los resultados siguientes:

Producto	P3	P8	P4	P6	P7	total
Punto de reorden	5	23	1	50	2	
Cantidad óptima de pedido	4	11	24	43	3	
Inventario promedio	5	21	10	26	2	
Inventario máximo	7	26	22	50	3	108

Tabla 19: Niveles de inventario en SKU's para productos WBB de clasificación A y B (Elaboración propia)

Producto	P1	P2	P5	P7	P8	P9	total
Punto de reorden	11	9	80	50	5	0	
Cantidad óptima de pedido	6	6	70	83	4	40	
Inventario promedio	8	7	37	65	5	20	
Inventario máximo	11	10	68	82	7	40	218

Tabla 20: Niveles de inventario en SKU's para productos PAH de clasificación A y B (Elaboración propia)

Considerando que la cantidad máxima que se debe almacenar dentro de las cámaras frías se da el momento en que se recibe tanto la cantidad óptima de re orden y que se tiene en mano el inventario de seguridad; para los productos de WBB se debe buscar espacio para almacenar como mínimo 108 SKU de productos A y B, mientras que para los productos de PAH es necesario considerar 218 cajas de productos A y B.

3.1.2 Detalle de la propuesta

El presente análisis busca proponer una serie de mejoras realizables tanto en la parte estructural de las cámaras frías ubicadas en la bodega como en los procedimientos relacionados a las actividades diarias del personal de la bodega Pfizer ILS. La presente y primera propuesta de mejora está enfocada en proponer un mejor manejo del espacio disponible utilizando modelos que respeten los requerimientos futuros en cuanto a pronósticos y cantidades de cajas o SKU's que deben acomodarse en un espacio reducido. Es por esto que en primera instancia se busca determinar las dimensiones

recomendables para los espacios de recepción, despacho y almacenamiento de productos para proseguir con la propuesta de una configuración del manejo de espacio dentro de las cámaras frías.

3.1.2.1 Dimensionamiento de los sistemas de recepción y despacho

Determinación de número de puertas de embarque y desembarque de productos.

Pese a que las instalaciones de la bodega ya están construidas, se puede buscar hacer de ellas un espacio de mayor funcionalidad. Así, en primer lugar, se puede determinar el número de puertas necesarias gracias a la Ecuación 17 de la sección 1.2.1.1 Determinación del número de puertos de entrada:

$$n_d = \frac{dt}{qT} = \frac{8 * 30}{16 * 180} = 0.083 \approx 1$$

Las cuales son, de acuerdo al Jefe de Bodega (Bodega):

d: Demanda diaria especulada o la cantidad de bultos de cadena de frío que en promedio que se despachan de manera diaria. (Alrededor de 8 bultos)

t: tiempo de carga y descarga del camión (media hora)

q: capacidad del camión (capacidad para 16 bultos de cadena de frío, exceptuando camión refrigerado)

T: tiempo promedio disponible al día para la carga y descarga de camiones (el despacho se lo hace aproximadamente entre las 19 horas y las 22 horas)

En la actualidad la totalidad de las bodegas de Pfizer posee dos puertas dispuestas una para el ingreso de productos y la segunda para el despacho de los mismos. Esta

diferencia se debe a que el presente análisis solo hace referencia a los productos de cadena de frío que se manejan en menor proporción que el resto de mercancías.

Determinación de la capacidad del área de almacenamiento

La empresa ILS Corporation mantiene una política de almacenamiento del tipo randómico. Por lo que la capacidad requerida en cada cámara fría es: (Ver Tabla 19 y Tabla 20)

Cámara WBB $m_r = \max_{j=1}^n I_j t = 108 \text{ SKU's}$

Cámara PAH $m_r = \max_{j=1}^n I_j t = 218 \text{ SKU's}$

Este requerimiento de ubicaciones se lo pudo determinar gracias al análisis de inventarios realizado en la sección *Inventarios*. Esto se tomará como requerimiento mínimo a cumplir mediante los análisis de dimensionamiento y ubicación descritos en los apartados que siguen a continuación.

Determinación de largo, ancho y alto de la zona de almacenamiento

Dado que las dimensiones de la cámara de refrigeración no se pueden cambiar, mediante el presente análisis se buscará aplicar tanto la Ecuación 21 como la Ecuación 22 de la sección “1.3.2.1 Determinar la capacidad para el área de almacenamiento” para determinar el ancho de los pasillos recomendables para la disponibilidad de la capacidad de almacenamiento requerida.

- Determinación de las variables:

Para el cálculo del ancho de pasillo recomendable se requiere determinar las siguientes variables:

m = número requerido de localidades de almacenamiento

α_x y α_y = ocupación de una unidad de carga a lo largo de ejes x y y , respectivamente.

w_x y w_y = ancho de corredores transversales y del pasillo central, respectivamente.

n_z = número de niveles para almacenamiento a lo largo del eje z .

n_x y n_y = número de ubicaciones a lo largo de los ejes x y y , respectivamente.

L_x y L_y = longitud del área de almacenamiento a lo largo de los ejes x y y , respectivamente.

El detalle de las mismas y sus estimaciones se presentan a continuación:

En primer lugar, m o el número de localidades de almacenamiento está relacionado con lo determinado en la sección “*Determinación de la capacidad del área de almacenamiento*”. Estos datos son las cantidades requeridas a almacenarse al interior de la bodega.

Para la determinación de los anchos de pasillo se debe realizar una determinación basada en recomendaciones ergonómicas y de carga de trabajo registrada al interior de las cámaras. De hecho, en su libro *Planeación de Instalaciones* Tompkins establece ciertas recomendaciones para conseguir que el flujo a lo largo de los pasillos sea eficaz. Sin embargo existen diversos factores que deben considerarse el momento de determinar las dimensiones como: (Tompkins, White y Bozer 112)

- Evitar que el operario tenga que caminar o realizar flexiones prolongadas para levantar o retirar los materiales.
- Diseñar el espacio para maximizar la seguridad, comodidad y productividad del operario.

Para lograr cumplir estos factores y asegurar que la selección de los pedidos se haga de la mejor manera, se recomienda usar pasillos transversales (w_x) de 0,75cm (esto es

posible dado que no se utiliza maquinaria en el proceso de recolección de órdenes). Además el autor recomienda que exista un pasillo central de las dimensiones presentadas a continuación:

Tabla 3.4 *Anchuras de pasillos recomendadas para diferentes tipos de flujo*

Tipo de flujo	Anchura del pasillo (pies)
Tractores	12
Montacargas de horquilla de 3 toneladas	11
Montacargas de horquilla de 2 toneladas	10
Montacargas de horquilla de 1 tonelada	9
Camión para pasillo angosto	6
Camión para plataforma manual	5
Personal	3
Personal con puertas que se abren hacia un solo lado del pasillo	6
Personal con puertas que se abren hacia ambos lados del pasillo	8

Tabla 21: Ancho de pasillos recomendados para diferentes tipos de flujo

(Tompkins, White y Bozer 115)

Se puede ver que para un tipo de flujo que solo considera el personal que opera en las instalaciones este ancho se recomienda sea de 3 pies o 90 cm. Ancho recomendable para el pasillo central o w_y .

Las estanterías que se usan actualmente permiten un n_z de 5 ubicaciones con L_x de 5.5 m y L_y de 9 m.

- Resultados de la aplicación del modelo:

Gracias a estas recomendaciones se puede determinar el número de ubicaciones tanto en la dirección x como en y, siendo estas las variables desconocidas del modelo. De hecho, admitiendo una zona de almacenamiento en pallets se puede determinar que para la cámara WBB las posiciones en x serán de 6 filas, mientras que en y serán de 5 racks, de esta manera se permite tener 2 pasillos centrales de 1 metro y pasillos secundarios de 0.75 m. De esta manera se obtendrá la capacidad para almacenar 150 ubicaciones. Para

revisar la determinación del espacio referirse al Anexo 12, Figura 48. Figura 48: Layout cámara de refrigeración WBB propuesta (Elaboración propia)

De manera similar en el caso de la cámara de veterinaria se admiten en x, 6 filas y en la dirección y 10. Para esta cámara no se deja espacio para el almacenamiento en pallets dado que es mejor la utilización del espacio mediante el uso de racks. Gracias a esta disposición se obtiene la capacidad de almacenamiento de 300 ubicaciones. El Anexo 12, Figura 49 muestra la distribución propuesta para el nuevo diseño de la bodega. Como se puede ver la estructura de la cámara no permite integrar las 300 ubicaciones más solo 265, suficientes para las 215 ubicaciones requeridas.

3.1.2.2 *Determinación de la asignación de espacio de productos en la bodega*

Teniendo en cuenta la limitada disponibilidad de espacio para el almacenamiento de productos de cadena de frío y la existencia de alta rotación de algunos productos, se propone realizar una clasificación de productos gracias a un método combinado juntando tanto la clasificación aleatoria, utilizada actualmente, junto con la clasificación específica destinando un espacio especializado para cada categoría de productos.

El espacio disponible en ubicaciones que se encontró mediante el análisis descrito en el apartado *Determinación de largo, ancho y alto de la zona de almacenamiento* permite la asignación de las mismas a cada categoría de productos que se elaboró para el análisis en la clasificación ABC descrita en *Clasificación ABC*. Así en gracias a las tablas: Tabla 6 y Tabla 7 se puede ver que cada clasificación de producto tiene un porcentaje representativo dentro de la totalidad de productos (ver sección Número de ítems) este

porcentaje se puede traducir en el requerimiento de ubicaciones asociadas a cada nivel de clasificación. De esta manera se determinan las siguientes cantidades:

Clasificación	WBB		PAH	
	Porcentaje	Ubicaciones	Porcentaje	Ubicaciones
A	16.67%	26	16.00%	42.4
B	33.33%	50	20.00%	53
C	50.00%	75	64.00%	169.6
Total		150		265

Tabla 22: Determinación de número de ubicaciones destinada a cada clasificación

(Elaboración propia)

Dado que el objetivo de la reubicación de los productos y su clasificación mixta es minimizar la distancia que el operador tiene que recorrer para alcanzar los productos de mayor rotación (clasificados dentro de las categorías A y B) se realizó un estudio de minimización de distancias, como aquel que se describe en el apartado “1.2.3.3 Ubicación de productos” considerando los caminos a recorrer desde la puerta a cada estantería.

Teniendo como valor objetivo la minimización de la distancia total recorrida. Se determinó como las variables deseadas la ubicación de productos de tipo A y B en cada estantería. Además, se realizaron dos iteraciones la primera para determinar la mejor ubicación para productos A, y la segunda para determinar la ubicación de los productos B, limitando la asignación de las estanterías ya ocupadas por los bienes de mayor rotación. De esta manera se obtiene la distribución siguiente de racks para cada tipo de producto.

Clasificación	Estanterías asociadas
A	1,2,3,6,7,11
B	4,5,8,9,10,12,13,16,17,21
C	14,15,18,19,20,22,23,24,25,26,27,28,29,30

Tabla 23: Asignación de estanterías para cada clasificación de bienes minimizando la distancia recorrida para cámara WBB (Elaboración propia)

Clasificación	Estanterías asociadas
A	1,2,3,4,12,13,14,15,16
B	5,6,7,8,17,18, 19, 24,25,26,16
C	9,10,11,20,21,22,23,27,28,29,...,53

Tabla 24: Asignación de estanterías para cada clasificación de bienes minimizando la distancia recorrida para cámara PAH (Elaboración propia)

Con una distancia mínima recorrida de 136.9 m para la cámara de WBB y de 65.08m para la cámara PAH. El espacio para cada tipo de productos en la cámara de refrigeración se detalla en Anexo 13.

Además esta consideración pretende estar en acorde con los requerimientos laborales de salud y seguridad en un ambiente de temperaturas bajas como el analizado en el presente proyecto. De hecho, el Real Decreto 1561/1995 (Manrique), en su sección 5 afirma que una jornada laboral para estos casos, pese a ser la normal, debe contemplar un descanso de diez minutos cada tres horas de trabajo ininterrumpido al interior de la cámara.

3.2 Propuesta de actividades a ser mejoradas en procesos de picking y consolidación de pedidos para posterior uso de sistemas tecnológicos

3.2.1 Detalle de la propuesta de mejora

En los procesos descritos en el Anexo 5 se constatan actividades que requieren de una gran participación de los operarios y que toman una cantidad considerable de tiempo. Es

por esto que se propone incluir dentro de la operación diaria una solución tecnológica que disminuya esta carga de trabajo, mucha veces repetitiva y causante de errores (p.e.: el conteo manual de las unidades recibidas).

Para la determinación de los nuevos procesos a ser utilizados durante el uso de la solución tecnológica propuesta, se realizó el levantamiento de aquellas actividades que serían remplazadas o en algunos casos eliminadas. Estas se pueden ver en las figuras del Anexo 6.

3.2.2 Flujograma del nuevo proceso de despacho

Al ser una solución de automatización de procesos de almacenamiento y distribución lo que se plantea en el presente análisis se expusieron conjuntamente la recomendación de procesos que deberían acompañar la instalación. Dichos procesos se exponen en el Anexo 7 .

4. Capítulo cuatro: Descripción de la propuesta técnica

4.1 Requerimientos y descripción de la aplicación de códigos de barra

La propuesta de uso de códigos de barra incluye los siguientes puntos: (Masrouf)

- Asignar un código de barra a los productos refrigerados que ingresan a la cámara fría, mediante la impresión de la etiqueta correspondiente
- Validar la lectura del código asignado de los productos y de los empaques en el armado de bultos o consolidación de pedidos, de manera a saber cuál producto se ha incluido en cada embalaje
- Registro de los bultos en la carga y descarga de camiones

Gracias a esto el resultado esperado es automatizar ciertos procesos realizados dentro de la bodega mediante el uso de códigos de barra y equipos de computación móvil. De esta manera se podrá: (Masrouf)

- Controlar el despacho de productos refrigerados
- Obtener fácilmente y rápidamente la información sobre productos despachados
- Armar una estructura de información para productos en los que la trazabilidad es crítica.

El código a usarse sería de preferencia de tipo Data Matrix (ver sección 2.3.1) para la codificación de la cantidad de información necesaria y la fácil lectura de esta. Cabe resaltar que la información mínima a ser codificada en las etiquetas será diferenciada dependiendo del proceso en el que se halle el producto.

- Para el proceso de almacenamiento se debe incorporar la información siguiente
 - Número de SKU's totales del producto en cuestión

- Lote
- Fecha de vencimiento
- Nombre del producto
- Lugar de origen

- Para el proceso de distribución es necesario incluir:

- Tipo de documento (factura)
- Número de documento
- Cantidad de bultos
- Nombre del usuario
- Ciudad

Una de las ventajas observadas por la propuesta presentada es que la impresión será realizada al interior de las instalaciones, permitiendo modificaciones inmediatas

4.1.1 Características del software

Es necesario que el desarrollo del software requerido para soportar las actividades a realizarse con esta solución, sea dividido en dos partes.

En primer lugar, se encontrará la interfaz, el cual es el medio de comunicación entre los datos que manejan ILS-Pfizer y el sistema previsto por el proveedor. Este a su vez se denomina SCMI, instalado en un computador de la red del cliente tendrá como función recolectar información de la base de datos para que la solución opere de mejor manera. Esta aplicación registra movimientos, procesa información, presenta resultados y crea archivos pendientes para la validación de los mismos. Para que la solución funcione es necesario que se acuerde el formato de los datos y el período permitido previo a la actualización de los datos.

Por otro lado, la aplicación móvil es el programa instalado en la memoria de los equipos portátiles. Tiene como función el presentar la información al usuario móvil. De esta manera, se puede interactuar con estos equipos de manera amigable con el usuario.

A continuación se presenta el propósito de cada componente del sistema propuesto.

La tabla en el ítem 4.1 muestra la referencia de los diferentes componentes del sistema:

Definición global de funcionalidad para la Automatización para la Administración de Bodegas SCMI (referencial)	
Módulo base:	<ul style="list-style-type: none"> • Interfaz mediante tablas intermedias con base de datos de Pfizer para transferencia de información de productos, bodegas, ubicaciones, transacciones, etc. • Administración de usuarios y perfiles • Motor administración para la planificación y ejecución de tareas con registro de usuarios y tiempos.
Recepción:	<ul style="list-style-type: none"> • Administración de impresión de etiquetas para productos que lo requieran: código de producto, lote, descripción. • Recepción completa o parcial de producto terminado en base a documentos de transferencia • Registro de ingreso a ubicación general: cuarentena o definitiva (ingreso a cámara de refrigeración) (asociación producto, lote y ubicación)
Armado de pedidos y bultos ('pick & pack'):	<ul style="list-style-type: none"> • Validación del picking realizado mediante lectura de código de barras • Asociación de cada producto a su contenedor • Generación de etiquetas de bultos
Carga de camiones:	<ul style="list-style-type: none"> • Administración de carga de camiones, incluye: <ul style="list-style-type: none"> ○ Registro de camión y hora ○ Registro de bultos cargados
Reportes	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de reportes en formato web para: <ul style="list-style-type: none"> ○ Trazabilidad de productos: movimientos, responsables, estados y tiempo.

Tabla 25: Funcionalidades de los diferentes componentes del sistema requerido para el uso de códigos de barra (Masrou)

4.1.2 Características del hardware a ser utilizado

Para la operatividad de esta solución se aconsejan tres tipos de hardware necesario:

- Lectores manuales con lector código de barras y posibilidad de comunicación wi-fi
- Impresora de etiquetas
- Access point de Cisco para comunicación inalámbrica

El Handheld o lector de código de barras propuesto es un equipo diseñado para soportar el funcionamiento en bodega y el golpe térmico que puede significar el uso del mismo dentro de las cámaras frías. Tanto características como cantidades propuestas por el proveedor se describen a continuación:

Item	Descripción	Cnt.
a. Handheld INTERMEC		
1	CK71 Bluetooth, WiFi <i>Equipo robusto, creado para poder soportar el funcionamiento en bodega y los golpes térmicos. 512 MB RAM, 1 GB Flash ROM, Windows Mobile 6.5.3, SmartSystems(tm) Provisioning Client, Dual-Band 802.11n WLAN and Bluetooth. Alphanumeric, Std Overlay, Area Imager (EA30). Incluye mica protectora original para la pantalla.</i>	5
2	Batería para CK71	5
3	Nido de sincronización y carga (Incluye cable de poder)	1
4	Cargador múltiple de baterías	1
b. Impresora de etiquetas		
5	PD 42 PD42A,US, FP, 1284, LTS, 200dpi (PD42, Direct Thermal & Thermal Transfer, US Cord, Fingerprint, Parallel, Label Taken Sensor, 203 dpi)	1
c. Access Point:		
6	Access Point Cisco 802.11b/g (no incluye instalación)	1

Tabla 26: Descripción del hardware requerido y sus cantidades (Masrou)

4.2 Requerimientos y descripción de la aplicación de tecnologías RFID

La FDA ha apoyado la investigación del uso de RFID en el área de la salud e identificación de medicamentos para disminuir la posibilidad de falsificación de fármacos (FDA). Igualmente, se considera que el etiquetado de identificación por radiofrecuencia puede llegar a ser la metodología con mayor futuro para el rastreo y la localización de productos a lo largo de la cadena de suministro. Teniendo esto en cuenta, ILS Pfizer ha buscado analizar la posibilidad de utilizar una solución tecnológica RFID para automatizar no solo el despacho de los bultos, más también para

alcanzar un mayor nivel de automatización de las bodegas. Esto significa una mejora en cuanto a:

- Recepción de productos de cadena de frío en la bodega
- Asignación de ubicaciones en espacios de almacenamiento
- Registro de movimiento de productos realizados
- Armado de pedidos
- Conteo cíclico de inventarios disponibles

Sin embargo, tanto las características como el precio actual de las etiquetas RFID hacen que la presente propuesta se base en tags de tipo de alimentación pasivo y uniprogramables (ver sección 1.5.2 Sistemas de identificación por radiofrecuencia (RFID)). Por otro lado, sus dimensiones hacen que su utilidad se concentre ante todo en la trazabilidad de productos a lo largo del despacho, siendo aún un proceso complicado la ubicación unitaria de la etiqueta.

4.2.1 Características del software necesario

Al igual que el software descrito para el uso de la solución basada en códigos de barra, el necesario para esta implementación se constituya de dos componentes, el primero está enfocado en conectar la base de datos existente en la compañía con los esta solución y el segundo busca facilitar el uso de los equipos móviles. Sin embargo la funcionalidad de dichos software varía en respecto a la solución tecnológica de uso de códigos de barra presentada anteriormente. El nuevo alcance del desarrollo de este sistema se presenta en la siguiente tabla. (Barreto)

Definición global de funcionalidad para la Automatización de la Gestión de Bodega(referencial)
Aplicativo Servidor SCMI: <ul style="list-style-type: none"> • Creación de la base de datos para registro de información. • Administración de usuarios y perfiles. • Sincronización de dispositivos. • Motor administración para la planificación y ejecución de tareas con registro de usuarios y tiempos.
Recepción: <ul style="list-style-type: none"> • Administración de impresión de etiquetas RFID para productos que lo requieran: código de producto, lote, descripción. • Recepción completa o parcial de producto terminado en base a documentos de transferencia, incluye validación mediante lectura de código RFID. • Clasificación y asignación a ubicación respectiva: cuarentena o definitiva (asociación producto, lote y ubicación).
Armado de pedidos – Picking <ul style="list-style-type: none"> • Administración de armado de pedidos mediante generación de ruta de picking optimizado por ubicación y con control FIFO, incluye: <ul style="list-style-type: none"> ○ Administración de prioridades. ○ Asignación de tareas por área de trabajo. • Armado pedidos con validación de producto, lote y ubicación mediante lectura de código RFID.
Conteo Cíclico <ul style="list-style-type: none"> • Planificador de actividades para el conteo físico mediante la configuración del grupo de control: selección de bodegas, usuarios, rangos de fecha de compra, ítem y/o proveedor • Validación de información capturada y generación de tareas de re conteo (si aplica) • Generación de reporte de novedades.
Reportes <ul style="list-style-type: none"> • Generación de reportes en formato web para: <ul style="list-style-type: none"> ○ Trazabilidad de productos: movimientos, responsables, estados y tiempo. ○ Stock de productos por familia, ítem, lote, rangos de de fecha de ingreso, usuario y/o ubicación.
Efectividad de usuarios: tiempos y # movimientos por unidad de tiempo

Tabla 27: funcionalidades del software para automatización de gestión de bodega (Barreto)

Pese a que el proveedor ha expuesto las funcionalidades anteriores el desarrollo del proyecto piloto se enfocaría tan solo al uso de Armado de pedidos y Reportes. Esto se debe a lo anunciado anteriormente respecto al tamaño y costos de las etiquetas RFID.

4.2.2 Características del hardware complementario

La aplicación de lectura de radiofrecuencia requiere de una amplia gama de equipos asociados a su operatividad. Mediante un análisis de la condición actual de la bodega hecha por el proveedor del servicio, se considera que el equipo requerido para la operatividad de esta solución sería: (Barreto)

Lector fijo:

- Antenas
- Interrogador

Lector móvil:

- Handheld CN3
- IP30

Impresión:

- Tags de RFID
- Impresora PM4i de tags

En las cantidades y que cumplan los requerimientos siguientes:

Ítem	Descripción	Cantidad
Estación Fija para lectura RFID - Opción 1		
1	Interrogador Fijo IF61 INTERMEC	1
2	Antena IA39A con polarización circular.	4
3	KIT GPIO para control del sorter (General Purpose Input/Output Terminal Box).	1
4	CABLE ASSY, DB25P para GPIO TERMINAL BOX	4
5	Sensores: Light Kit- LED Green & Red Stack Light	1
Equipo Móvil Intermec - Opción 2		
6	CN3 Wifi, Bluetooth, GPRS, GPS Includes WM 5.0, 128MB RAM, 256MB ROM, SmartSystems, Numeric keypad, 802.11 b/g (8x) and Bluetooth, with a choice of the EA11 2D Area Imager. Global Positioning Service (GPS) receiver, WWAN GSM/GPRS/EDGE (G2/G5) support. Incluye Bateria Extended.	2
7	Bateria Intermec CN3 Extendida	2
8	Kit Nido Sincronizacion Intermec CN3, incluye cargador y fuente de poder	1

Lector móvil IP30		
9	IP30A,BT, CN3/CN3E NI, 915MHz, RoHS	2
10	Batería para IP30	2
11	Cargador para dos baterías IP 30 y fuente.	1
Impresora Industrial Intermec - Requerido		
12	Impresora Fija Industrial PM4i	1

Tabla 28: Requisitos de Hardware para aplicación de sistemas RFID

Considerando la cantidad de productos considerados además del número de despachos de cadena de frío que se realizan, las consideraciones en hardware pueden sobrepasar las necesidades del sistema. Sin embargo, son las exigencias mínimas para asegurar la operatividad de la solución tecnológica basada en comunicación RFID.

5. Capítulo cinco: Análisis de factibilidad y plan de implementación del proyecto

5.1 Análisis económico de factibilidad del proyecto propuesto

Considerando una tasa mínima de retorno del 12% (Recalde y Echeverría, Descripción proyecto cadena de Frío) y los gastos que se incurre tanto durante el manejo y mantenimiento de las bodegas, como en la inversión a realizarse, se realizó un análisis temporal de la factibilidad del proyecto en el ámbito económico.

Para el estudio de factibilidad económica se consideró tres márgenes de tiempo: corto, mediano y largo; con la finalidad de determinar la preferencia entre cada solución propuesta en dependencia a cada perspectiva del negocio. Igualmente con el objetivo de seleccionar la mejor alternativa para el negocio, en cuanto a costos, se decidió proseguir con un análisis de tipo Valor Actual Neto. Para iniciar este análisis se estimaron tanto costos anuales como el costo total de las inversiones a analizar y posibles fuentes de ahorro para cada escenario.

Por un lado se determinó que los costos operativos de la bodega ascienden a más de \$170 000 dólares mientras que el costo total de la inversión en códigos de barras es de \$30 625,00 dólares y la inversión que representa la aplicación de RFID entre hardware y software se estima será de \$84 034,00 dólares. Sin embargo, el detalle de costos de las inversiones no se incluyó como medida de confidencialidad de los datos proporcionados por el proveedor.

Considerando los criterios de selección de opciones de inversión independientes expuestas en *1.6.1 Fundamentos de la Ingeniería Económica* los resultados encontrados fueron que durante los tres períodos de tiempo analizados, la solución de aplicación de

sistemas RFID es en promedio un 30% más rentable que el proyecto de utilización de códigos de barra bidimensionales.

Pese a que el primer punto en contra de la selección de tecnologías RFID, es el volumen reducido de productos almacenados que corresponden a cadena de frío no justifica la implementación de una solución a gran escala como esta tecnología; el presente proyecto se presenta como un análisis de una porción poco representativa de la totalidad de la bodega. De hecho, mediante el análisis completo de las instalaciones se podría verificar y resaltar con mayor facilidad la rentabilidad del proyecto a futuro. Por otro lado, en el caso se busque expandir esta solución a la totalidad de SKU's almacenados en la bodega, se podría implementar en las líneas de cadena de frío como proyecto piloto para la homogenización de procesos y entrenamiento de los operarios.

En realidad, el mayor beneficio de la aplicación de los sistemas de radiofrecuencia es su capacidad de proporcionar información sobre el consumo real de los productos. De esta manera, a lo largo de la cadena de abastecimiento el centro de distribución contará con datos precisos de la tasa de consumo de sus bienes, permitiendo la elaboración de pronósticos con menor error asociado y por ende manejar niveles de inventario que se adapten a su demanda real. Así, se minimiza la incidencia de procedimientos de destrucción de productos obsoletos y recuperación de mercadería de salvamento, además de minimizar la incidencia de backorder por falta de inventario; procesos que resultan en altos montos financieros para la empresa.

Otro limitante del uso de tecnologías RFID es el tamaño requerido de las etiquetas que siendo de tamaño considerablemente reducido, limitan el estudio a un solo proveedor dentro del territorio nacional. Sin embargo, esta restricción así como la del costo asociado al tag, es cada día mínima ya que el precio depende en realidad de la cantidad

de información que se desee almacenar dentro de la etiqueta. Siendo una primera fase de la implantación de dichos sistemas, es recomendable limitar al mínimo la data incluida y procesada.

La consideración que debería acompañar la utilización de sistemas de RFID, es referente a la aplicación de los mismos en productos líquidos que se manejan en bodega. De hecho, un informe del EPC Competence Center afirma que al aplicar los tags en productos líquidos estos absorben la energía de las ondas, haciendo que algunas etiquetas no se activen y no envíen la información al lector. Por lo cual se ha determinado que la mejor ubicación para etiquetar una caja que contiene productos líquidos es de manera a que el tag pase de manera paralela a la antena del lector como muestra la figura siguiente: (Gor)

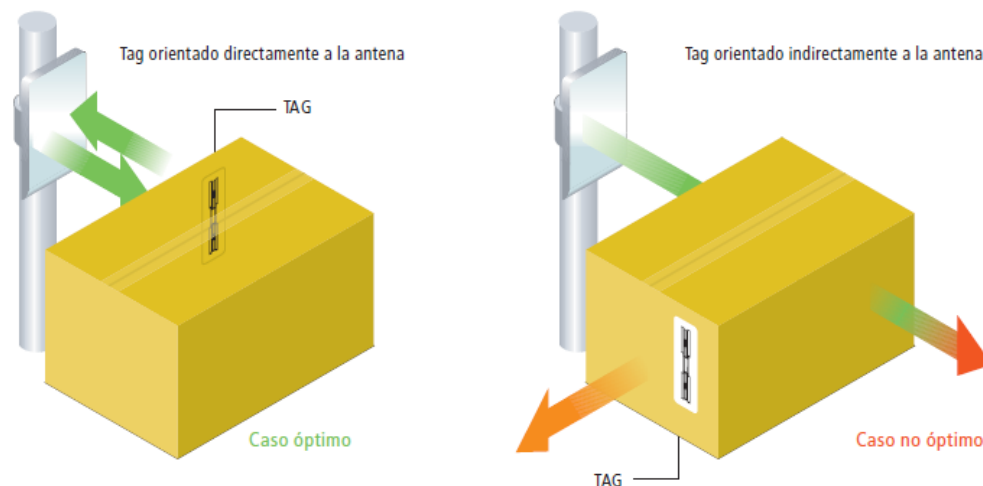


Ilustración 8: Ubicación del tag RFID en cajas de productos líquidos (Gor)

El resultado de las pruebas que se realizaron con la lectura de dichas unidades arroja un alto porcentaje de asimilación alto tanto en pallet como por unidad. (Gor)

5.2 Plan de implementación

A continuación se expondrá el documento guía para la realización del proyecto, En primer lugar se elaboró como resumen de los aspectos esenciales del proyecto, su Project Charter indicado en el Anexo 14.

Además, para complementar dicho Chárter de Proyecto, se definió el alcance de cada fase a llevarse a cabo esto se encuentra en el Anexo 15. Aquí se puede ver cada entregable y sus respectivo sub entregables asociados a cada fase a lo largo de la implementación del proyecto. Además en el Anexo 16 se incluye el WBS (Work Breakdown Structure) para definir todo trabajo considerado parte del proyecto.

Adicionalmente, se ha incluido la expansión del WBS para la actividad de administración profesional del proyecto en la siguiente tabla:

E ejecuta, P participa, C coordina, R revisa, A Autoriza								
WBS	Matriz de roles y Funciones de proyecto	Area PGLS	Directiva de ILS Corp	Responsable del proyecto	Área de Calidad de Pfizer	Coordinador del proyecto	Staff interno	Proveedor
1.1	Administración profesional de Proyecto							
1.1.1	Inicio							
1.1.1.1	Charter	R/A	R/A	R	R	E		
1.1.2	Planeación							
1.1.2.1	Plan de proyecto	R	R	A	R	E	P	P
1.1.2.1.1	Declaración de alcance	R	R	A	R	E		
1.1.2.1.2	WBS	R	R	A	R	E		
1.1.2.1.3	Matriz de roles y Funciones de proyecto	R	R	A	R	E		
1.1.2.1.4	Programación de actividades	R	R	A	R	E		
1.1.2.1.5	Mapa de Riesgos	R	R	A	R	E		
1.1.2.1.6	Matriz de administración de Riesgos	R	R	A	R	E		
1.1.3	Ejecución							
1.1.3.1	Listas de Aseguramiento de Calidad	R	R	R	R/A	E	P	
1.1.3.2	Administración de cotizaciones	R	R	R	R/A	E		
	Fase 1					P	P	E
	Fase 2					P	P	E
	Fase 3				E		P	
1.1.4	Control							
1.1.4.1	Reportes de Avances	R	R	R	R	E		
1.1.4.2	Control de Cambios	R	R	R	E			
1.1.4.3	Control de Capacitación	R	R	R	E			
1.1.5	Cierre							
1.1.5.1	Reporte Final	R	R	A		E		
1.1.5.2	Actas de Recepción	R	R	A		E		P
1.1.5.3	Cierre contractual	R	R	A		E		P
1.1.5.4	Cierre Administrativo	R	R	A		E		

Tabla 29: Matriz de Roles y Funciones para proyecto (Elaboración propia)

La anterior tabla desglosa la responsabilidad que tiene cada actor del proyecto a lo largo de su ejecución.

Así, se puede ver que el mayor esfuerzo se concentra en el desarrollo del software y su comunicación con la base de datos. Para el óptimo desempeño de dichos pasos se propone el cronograma de trabajo siguiente:

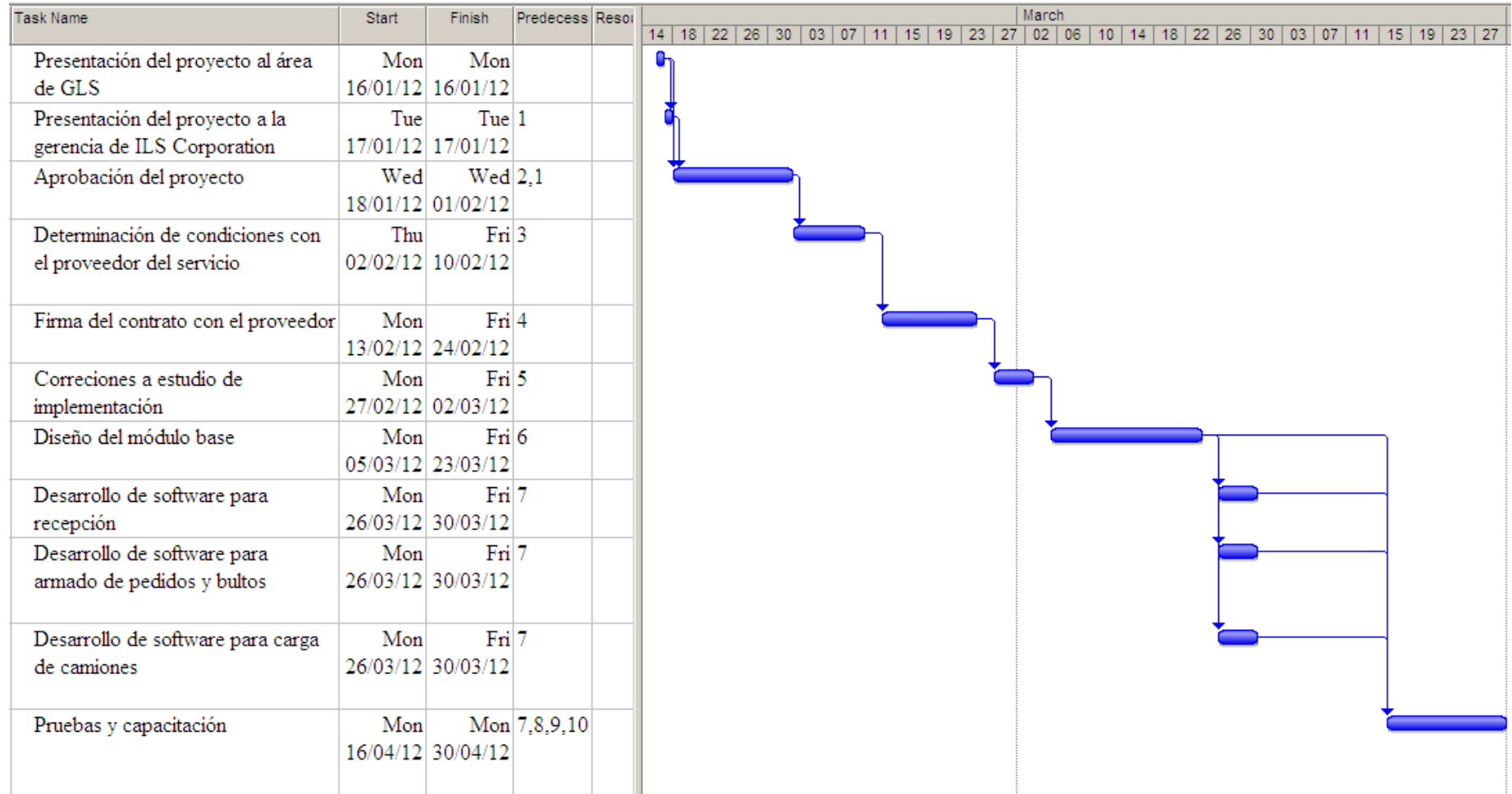


Ilustración 9: Cronograma de actividades para proyecto de gestión de despachos mediante códigos de barra (Elaboración propia) (Masrou)

5.3 Mejoras esperadas mediante la aplicación del proyecto

En cuanto a gestión operativa, el mayor aporte del uso de sistemas tecnológicos de información es la disminución del tiempo total del ciclo. Las figuras siguientes permiten ver los tiempos actuales de cada fase del proceso y el equivalente mediante el uso de sistemas de información de radiofrecuencia.

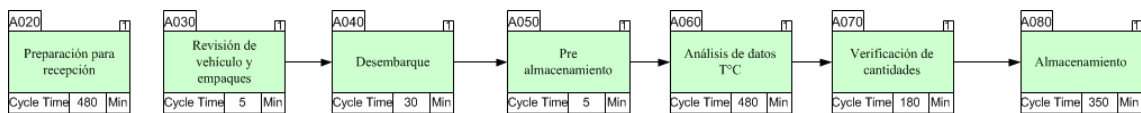


Figura 18: Detalle de tiempo de proceso en proceso de Recepción (Elaboración propia)

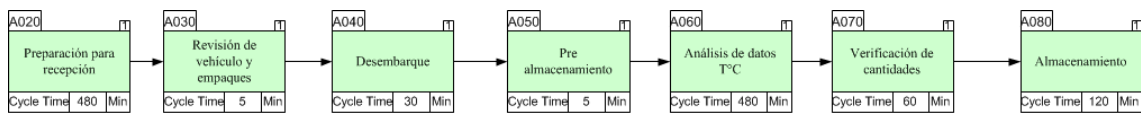


Figura 19: Detalle de estimación de tiempos en procesos de recepción con uso de códigos de barra (Elaboración propia)

Como se puede ver, para el proceso actual de recepción tiene un tiempo total aproximado de 1530 minutos y con el uso de códigos de barra que esencialmente disminuyen los la duración del análisis total del pedido, se obtiene un proceso de 1180 minutos es decir que se ahorraría un 23% del tiempo de manera estimada, en el proceso de Recepción de los pedidos.

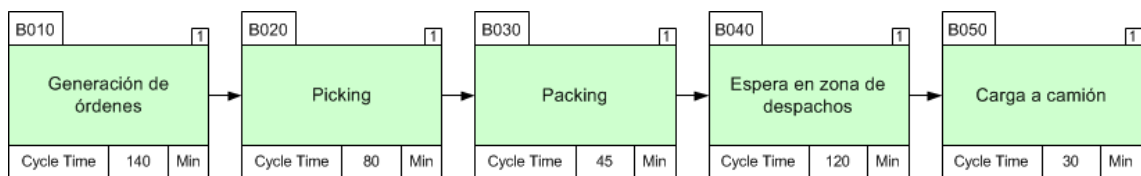


Figura 20: Detalle de tiempos en proceso de Distribución (Elaboración propia)

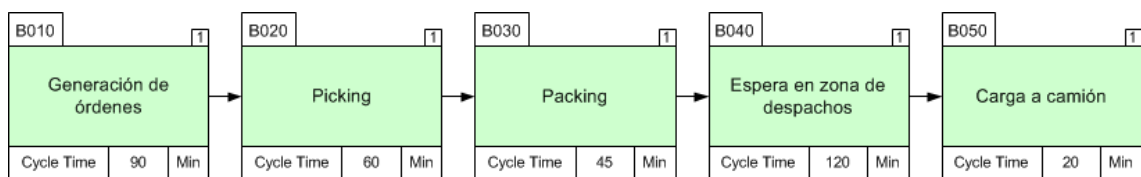


Figura 21: Detalle de estimación de tiempos en proceso de Despachos con uso de códigos de barra (Elaboración propia)

De la misma manera, el proceso de distribución actualmente se lo realiza en 415 minutos, lo cual podría ser reemplazado por un proceso más ágil de tan solo 335 min. El uso de estas soluciones tendría así una reducción del 20% del tiempo de proceso.

Del mismo modo, es posible estimar reducciones en otros ámbitos como errores. Este beneficio es de mayor importancia en el proceso de almacenamiento, donde es importante mantener una visibilidad de las cantidades disponibles en tiempo real. De hecho al contrario del uso de mano de obra para contabilización de cantidades se considera que mediante uso de tecnologías de información se realiza 1 error cada 300 tecladas. (BarMAx) Esta disminución de errores significa una baja de niveles de reproceso y una potencial fuente de ahorro monetario.

Por último, el uso de esta tecnología permite ahorro no solo en aspectos de procedimiento, pero también en el ámbito financiero. De hecho existe un ahorro en cuanto a mano de obra. Para el presente análisis este proceso significa alrededor de un operario y un administrativo que podría ser reubicado o a quienes se les puede asignar otras tareas. Además de un ahorro significativo en cuanto a destrucción de productos caducados en bodega, manejo de ingeniería en reversa y devoluciones, costo de faltante por mala previsión de niveles de inventario. Estos últimos rubros tienen como fuente una mala programación de la demanda futura, dado que actualmente la información que maneja la empresa no refleja la demanda real de sus productos, no solo en cadena de frío, más también en producto seco donde existe una oportunidad amplia de aplicación de los sistemas presentados.

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones:

- El impulso mundial que existe hoy en día para que las vacunas sean una práctica médica difundida como método de prevención contra enfermedades hacen necesaria una cadena de abastecimiento robusta en cuanto a mantenimiento de rangos de temperatura.
- La empresa ILS Corporation provee actualmente sus servicios de manejo de bodega y distribución a la sede Ecuador de la farmacéutica estadounidense, Pfizer S.A.
- Existe un alto rango de importaciones y exportaciones que registran excursiones de temperatura y los documentos físicos muy pocas veces permite hallar la causa raíz.
- El mayor problema actual del manejo entre las dos empresas recae en la falta de espacio en una de las cámaras frías, incurriendo en costos de almacenamiento prescindibles; problema que tiene como inicio una falta de información verídica de las preferencias del consumidor.
- El momento de realizar estimaciones de ventas en las cuales se basa la programación anual existen muchas fuentes de datos que se manejan a la par en ambas empresas.
- Existe una falta de comunicación entre ILS y Pfizer que no permite la programación correcta fomentando efectos como el llamado efecto látigo de cantidades de inventario.

- La actividad que representa un cuello de botella dentro de los procesos estudiados es la consolidación de órdenes o picking. Siendo a su vez, el tiempo en cola para la cámara WBB mayor que la de la cámara PAH.
- La distribución de las áreas físicas no es cómoda para el operario, ni explota la capacidad total de abastecimiento, lo cual podría lograrse con una ligera modificación del espacio disponible.
- Debe considerarse indicaciones para el trabajo en frío que hagan del tiempo dentro de la cámara, un lapso que no sea de alto riesgo para la salud del trabajador.
- El manejo de almacenamiento caótico representa una fuente de consumo de tiempo para el operario, el cual podría ser remplazado por un almacenamiento mixto de tipo destinado dependiendo de la rotación de cada producto, y caótico tan solo al interior de cada espacio destinado.
- Los procedimientos incluyen actividades repetitivas y posibles fuentes de errores en inventario y distribución ya que se las hace manualmente, esta fuente de error podría minimizarse gracias al uso de soluciones tecnológicas.
- La solución de tipo EPC/RFID con tags uniprogramables y de capacidad limitada, es un 30% más rentable que la solución de códigos de barra bidimensionales
- Existe la oportunidad de implantar procedimientos automatizados para las actividades de recepción, almacenamiento y distribución, eliminando así una fuente primaria de potenciales errores.
- La selección de la tecnología de preferencia minimiza errores de manejo de inventario y por ende reduce un importante costo de manejo de inventario mal

programado, manejo de devoluciones, destrucción de producto caducado, backorders.

- El sistema RFID permite una mayor trazabilidad de la demanda real permitiendo minimizar el inventario manejado, y sus costos asociados.
- El uso de RFID debe considerar su aplicación en productos líquidos de manera que las lecturas se hagan evitando su error.
- Mediante la aplicación de codificación EPC/RFID se disminuirá el tiempo de ciclo en alrededor de 10% para procesos de recepción y despacho, además de una reducción en costos operativos.
- La aplicación de sistemas RFID en productos de cadena de frío se encamina al manejo integral de la bodega gracias a un sistema WMS y un mejoramiento del desempeño de la cadena de distribución, gracias a mejor visibilidad de la demanda real de los productos.

Recomendaciones:

- Con la finalidad de disminuir el porcentaje de backorder actuales se recomienda implantar el análisis de datos reales gracias a métodos causales que permitirán igualmente disminuir el nivel de error en el pronóstico.
- La distribución de órdenes a realizarse a lo largo del año permitirá una mejor planificación de las importaciones que la existente actualmente y una adelanto en preparación tanto de las plantas productoras como del operador logístico. Para esto es necesario estudiar el comportamiento del inventario a lo largo del año, determinando cantidades recomendables de pedido.
- Las cantidades recomendables de pedido y los niveles de reorden son necesarios con la finalidad de disminuir el costo actual del inventario manejado en bodega

- Re disponer las estanterías al interior de los cuartos fríos para alcanzar la capacidad máxima de almacenamiento, teniendo en cuenta restricciones de tipo ergonómico y de flujo de temperatura.
- Cambiar al uso de un almacenamiento de tipo mixto ABC-caótico, disponiendo áreas para el almacenamiento caótico de cada tipo de producto.
- Respetar la ubicación clasificada mediante el sistema de minimización de distancias para una recolección de productos más rápida. Para lograr esto, se recomienda delimitar mediante alguna señalización dichos espacios.
- Eliminación de actividades potenciales causas de errores y consumo de recurso humano, mediante el uso de soluciones Tecnológicas.
- Ejecutar la aplicación EPC/RFID para incluir mayor trazabilidad y como proyecto de familiarización a los sistemas iniciar con la cadena de frío.
- El uso sistemas RFID favorece un mejor manejo interno del inventario, además de permitir una trazabilidad más completa a lo largo del proceso de distribución si se lo compara con la solución de códigos de barra
- No descartar la posible aplicación futura de sistemas RFID a toda la gama de productos.
- Tomar en cuenta dentro del plan de implementación el tiempo requerido para que el personal tanto de bodega como administrativo se sienta cómodo y en total capacidad de aplica la nueva aplicación tecnológica.

Conclusión General:

Mediante el presente análisis se ha podido determinar que es recomendable llevar a cabo la implementación de la solución que implica el uso de sistemas EPC/RFID. Dicha tecnología puede incluir en una etiqueta toda la información referente al producto (lote de llegada, momento de arribo a las instalaciones de Pfizer, fecha de caducidad) además de la información del despacho (Cliente, sector a donde se envía, hora y día de envío, etc.) y mayor información sobre la demanda real de los productos. De esta manera, se permitiría una mejora en el ámbito operativo (reducción de tiempos y costos) así como en trazabilidad de la cadena de abastecimiento que manejaría información verídica, permitiendo a todos los actores una mejor planificación.

Bibliografía

- Aguilar, Dr. Primitivo Reyes. «Modelos de inventarios (Winqsb).» Informe ITS Inventory theory and system. 2009.
- Ballou, Ronald H. Logística Administración de la cadena de suministro. Palo Alto: Prentice Hall, 2004.
- Banks, Jerry, y otros. «Introduction to simulation.» Banks, Jerry, y otros. Discrete Event System Simulation. New Jersey: Pearson, 2004. 14-16.
- BarMax. BENEFICIOS DE IMPLEMENTAR CODIGOS DE BARRAS. 1999. 04 de Enero de 2012.
- Barreto, Paola. Propuesta Técnica -Económica. Técnico. Quito: Inveligent, s.f.
- Blank, Leland y Anthony Tarquin. Ingeniería Económica. México D.F.: Mc Graw Hill, 2006.
- Blank, Leland y Tarquin. Ingeniería Económica. México D.F.: McGraw Hill, 2006.
- Bodega, Jefe de. Determinación de información para número de puertas requeridas en bodega Pfizer-ILS Daniela Tejada. 8 de Diciembre de 2011.
- Calderon Díaz, Maily Jaanaj y Juan Patricio Valle Leiva. «Estudio de las distintas tecnologías y sensores aplicables a la detección de la cantidad y tipo de medicamentos.» s.f.
- Chapman, Stephen N. Planificación y Control de la Producción. México: Pearson Education, 2006.
- Coggiola, Mauricio. «Introducción a la planificación y control de la Producción.» 11 de 03 de 2007.
- PyCP Introducción UT1. 11 de 03 de 2011 <www.aareii.org.ar/.../9-planificacin-y-control-de-la-produccion.html?...a-pcp>.
- Cronin, Ray. «RFID versus barcode: data capture needs to be fast and reliable...so wich automatic identification technology is best.» 2008. Pharmaceutical Technology. Febrero de 2011 <http://find.galegroup.com/gps/infomark.do?&contentSet=IAC-Documents&type=retrieve&tabID=T002&prodId=IPS&docId=A191905586&source=gale&srcprod=AO NE&userGroupName=usfq_cons&version=1.0>.
- Cusack, Beth Ann y Robert Celeste. «EPCglobal standards int he pharmaceutical industry toward a safe and secure supply chain.» 2006. 6 de Febrero de 2011 <http://find.galegroup.com/gps/infomark.do?&contentSet=IAC-Documents&type=retrieve&tabID=T002&prodId=IPS&docId=0A154392402&source=gale&userGroupName=usfq_cons&version=1.0&contentSet=IAC-Documents&retrieveFormat=PDF>.
- Dipole RFID. ¿Cómo obtener beneficios del RFID? 2007-2010. 2011 йил 13-03 <http://www.dipolerfid.es/tecnologia_RFID/Beneficios_del_RFID.aspx>.
- El Comercio. «Los especialistas del hospital de Ibarra no cubren la alta demanda.» 06 de Ene de 2011. Sociedad. 28 de Ene de 2011 <http://www4.elcomercio.com/Sociedad/los_especialistas_del_hospital_de_ibarra_no_cubren_la_alta_de_manda_.aspx>.
- «Elección del Software.» Módulos Generales. 27 de Diciembre de 2011 <http://cybertesis.ubiobio.cl/tesis/2004/gayoso_m/html/TH.5.html>.
- Elsayed, Elsayed A. y Thomas O. Boucher. «Inventory Systems.» Elsayed, Elsayed A. y Thomas O. Boucher. Analysis and Control of Production systems. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1994. 63-124.
- Farto, Giovanni. Descripción del sistema ILSM Daniela Tejada. 30 de Sep de 2011.
- FDA. Radiofrequency Identification (RFID). 6 de Enero de 2010. 30 de Marzo de 2011 <<http://www.fda.gov/Radiation-EmittingProducts/RadiationSafety/ElectromagneticCompatibilityEMC/ucm116647.htm>>.
- FindAccountingSoftware.com. Inventory Management. 7 de Diciembre de 2011 <<http://findaccountingsoftware.com/directory/infor/infor-fms-sunsystems/inventory-management/>>.
- Ghiani, Gianpaolo, Gilbert Laporte y Roberto Musmanno. Introduction to logistics Systems Planning and Control. Chichester: Wiley, 2004.
- Gor, Javier Blanco. Estudio de Etiquetado EPC/RFID con productos líquidos. Barcelona: AECOC.
- GS1 Ecuador. GS1 Ecuador. 20 de Agosto de 2011 <<http://gs1ec.org/contenido/>>.
- Guzman, Alejandro y Ernesto Chávez. «¿Son los DSS solo para empresas grandes?» Artículo. 2000.
- Hall, Carl. What is VMI. Cincinnati, 2001.
- Hodson, William K. Maynard Manual del Ingeniero Industrial. México: McGraw-Hill, 2002.
- Howard, JD. Implementation of RFID in the Pharmaceutical Industry. February de 2009. 06 de February de 2011 <<http://www.iopp.org/files/public/CAPolytechJDHoward.pdf>>.
- Investigación de Pronósticos. 27 de Diciembre de 2011 <gama.fime.uanl.mx/~mgtz/.../Investigacion%20de%20Pronosticos.do...->.

- Kohn, Linda, Janet Corrigan y Molla Donalson. To Err is Human. Washington: Academia Nacional de Ciencias, 2000.
- Lledó, Pablo. Comparación entre distintos Criterios de decisión (VAN, TIR, PRI). <<http://www.masconsulting.com.ar/Documentos/a%20articulos%20pdf/03-03-07%20Criterios%20decision%20-%20Lledo.PDF>>.
- Luna, Yadira. Descripción de utilización actual de códigos de barra Daniela Tejada. 3 de Noviembre de 2011.
- Masrouf, Vahid. Propuesta técnica -económica. Propuesta. Quito: Inveligent, 2011.
- Miranda, Ricardo. «Cold Chain Future.» Cold Chain Assesment Ecuador. Quito, 2011.
- Nahmias, Steven. Análisis de la producción y las operaciones. México: Mc Graw Hill, 2007.
- Organización mundial de la Salud. Vacunas e inmunización: Situación mundial. Ginebra: OMS, 2010.
- Ortiz, Gilberto Vales. Apuntes de simulación. Acapulco.
- Pacheco, Natalya. Determinación de costos de órdenes de importación Daniela Tejada. 4 de Diciembre de 2011.
- Pfizer Inc. . Who we are? What we stand for? 2002-2011. 6 de Septiembre de 2011 <<http://www.pfizer.com/about/history/history.jsp>>.
- Pfizer. «Our path forward the next step.» Mission Elements. Quito: Pfizer, 1 de septiembre de 2011.
- PGLS Ecuador. «Service level agreements.» Quito, 2011.
- Portero Alonso, Antonio, y otros. Logística de la Cadena de Frío. Monografía. Valencia: Conselleria de Sanitat, 2004.
- . «Logística de la cadena de frío.» Generalitat Valenciana: Conselleria de Sanitat, 2004. 11-17.
- Portillo, Javier, Ana Belén Bermejo y Ana Bernardos. informe de vigilancia tecnológica vt 13 tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID): aplicaciones en el ámbito de la salud. Informe de vigilancia tecnológica. Fundación de madrid para el conocimiento. Madrid: Fundación de madrid para el conocimiento, 2008.
- «Preguntas frecuentes sobre Sistemas de Código de Barras.» 28 de Diciembre de 2011 <http://www.biometria.com.pe/faq_datastrip.htm>.
- Recalde, Pablo. «Supply and Inventory Planning.» Inventory models. Quito, 1 de Diciembre de 2011.
- Recalde, Pablo y Manuel Echeverría. Descripción proyecto cadena de Frío Daniela Tejada. 11 de Agosto de 2011.
- RFID Point. «Entrevista a Nariati Maldonado Padilla, GS1 Ecuador.» 16 de 06 de 2010. 23 de Abril de 2011 <<http://www.rfidpoint.com/entrevistas/entrevista-a-nariati-maldonado-padilla-gs1-ecuador-2/>>.
- Rodrigue, Jean-Paul. The Cold Chain and its Logistics. 1998-2011. 18 de Septiembre de 2011 <<http://people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch5en/appl5en/ch5a5en.html>>.
- Sevilla, Juan. Manejo de inventarios (Pfizer) Daniela Tejada. 21 de Octubre de 2011. software, Rockwell. «Arena.» Modules.
- Stevenson, William J. Operations Management. McGraw, 2007.
- Supply Chain Pfizer Ecuador. Principales indicadores de gestión. Septiembre de 2011. 5 de Enero de 2012 <<http://quiamrweb01:8083/GLS/main.htm>>.
- TEC Electrónica, S.A. Boletín Informativo BIT: Códigos Bidimensionales. 2003. 20 de Agosto de 2011 <<http://www.tec-mex.com.mx/promos/bit/bit0503-2d.htm>>.
- Tejada, Carlos. Descripción de la estructura empresarial de ILS Corporation Daniela Tejada. 19 de Septiembre de 2011.
- Tompkins, James, John White y Yavuz Bozer. «El flujo, el espacio y las relaciones de las actividades.»
- Tompkins, James, John White y Yavuz Bozer. Planeación de instalaciones. Mexico: Thomson Learning, 2006.
- UPS. RFID in Healthcare. 2005. 28 de Ene de 2011 <http://www.ups-scs.com/solutions/white_papers/wp_RFID_in_healthcare.pdf>.
- Zebra Technologies. La Técnica Está en la Muñeca: Mejorando la Seguridad de los Pacientes con Pulseras con Codificación de Barras. White Paper de aplicación. Vernon Hill: ZIH Corp., 2004.

Anexos

Anexo 1: Layout de la bodega Pfizer-ILS

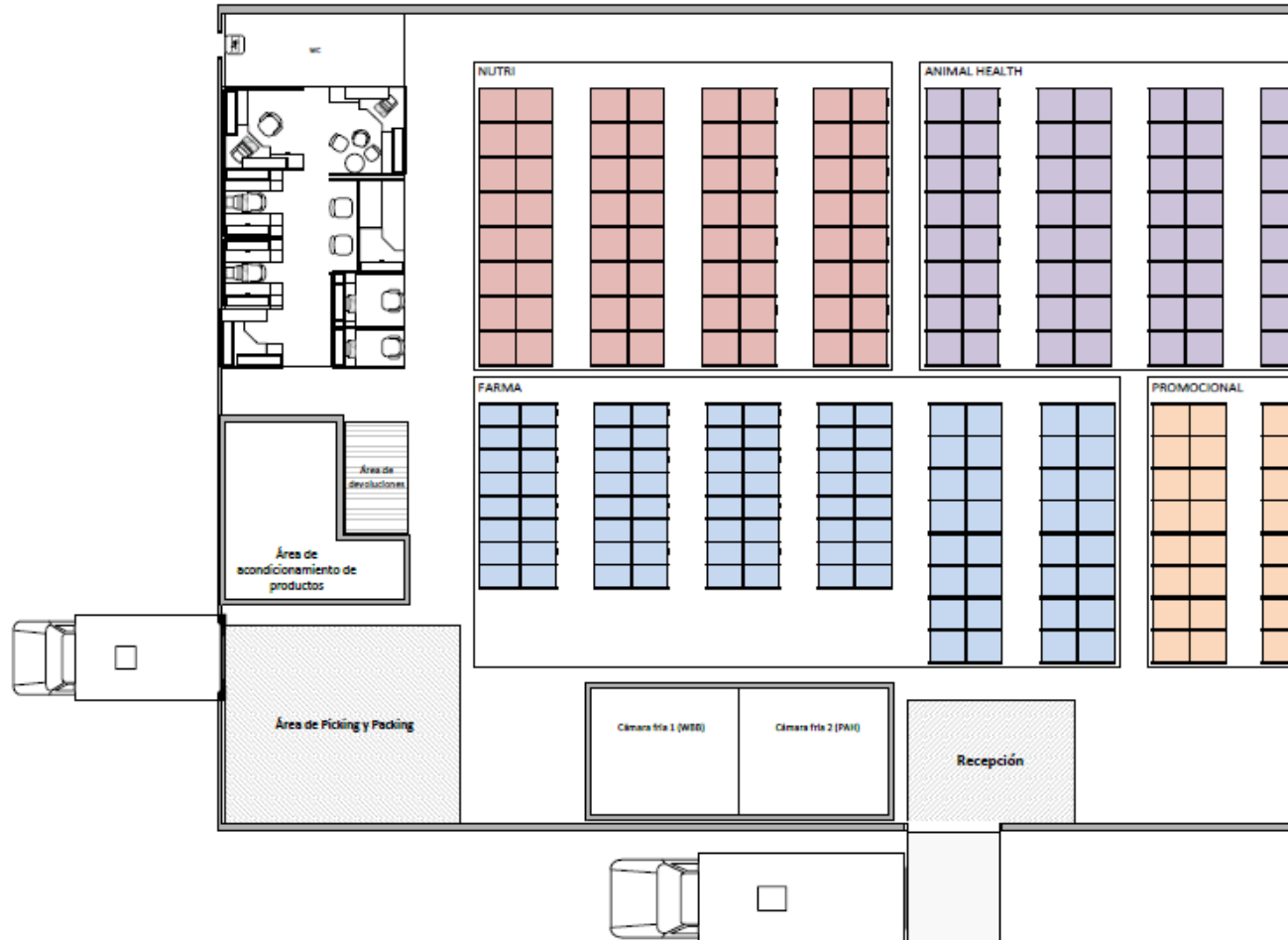
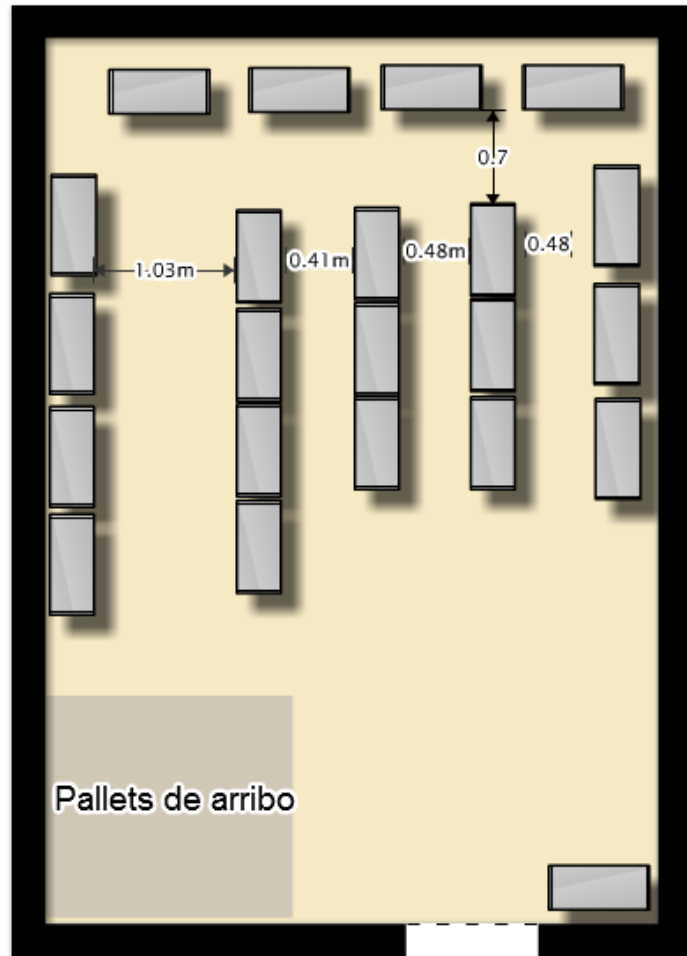
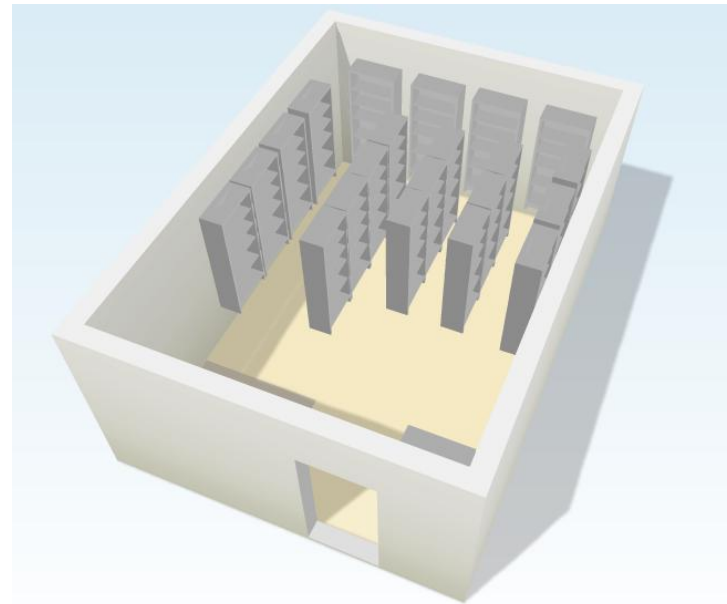
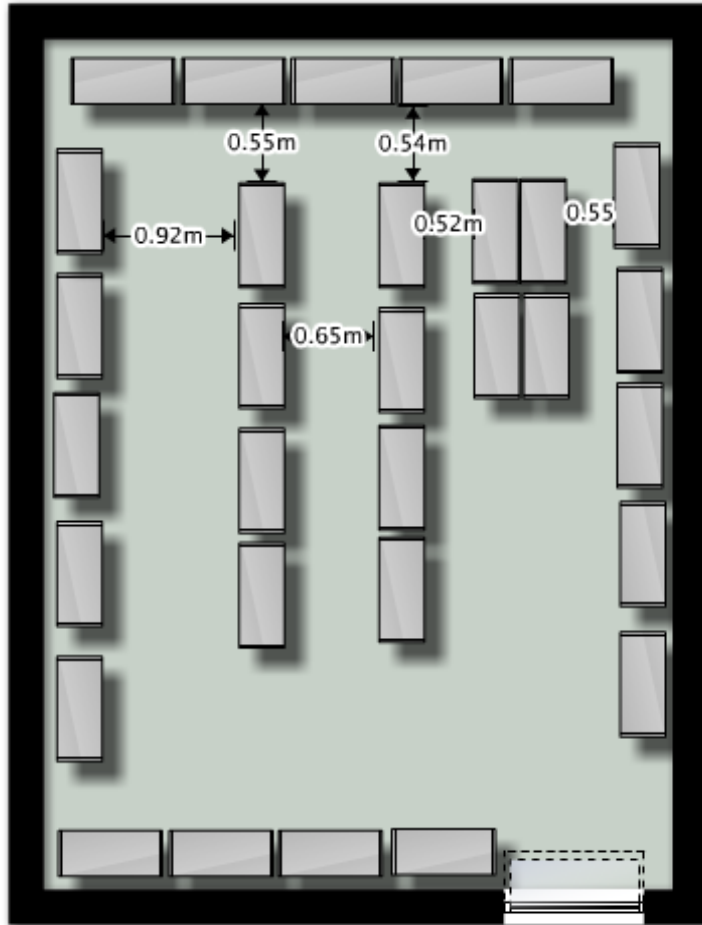
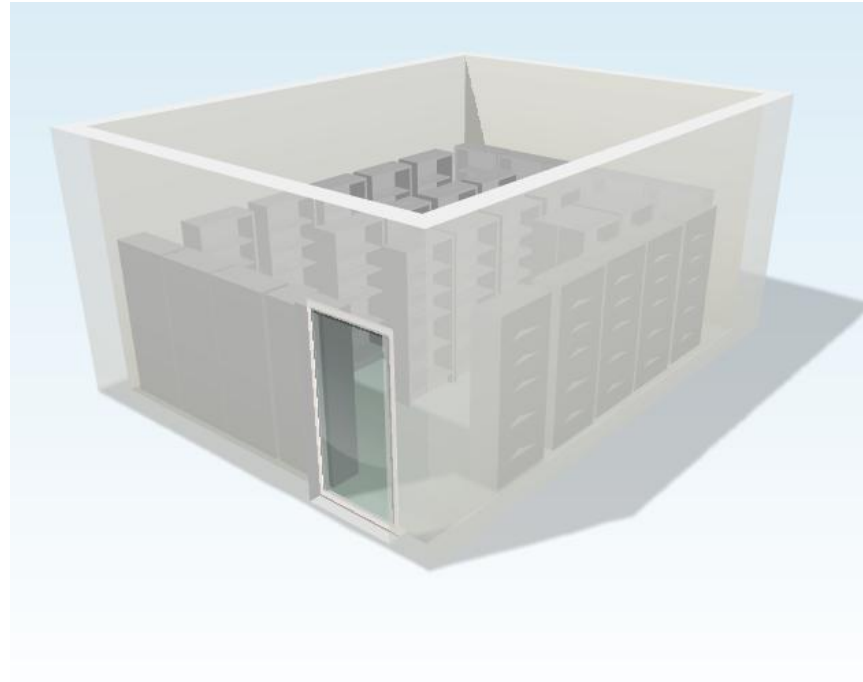


Figura 22: Layout bodegas Pfizer (Elaboración Propia)

Anexo 2: Layout cuarto 1 WBB (2D y 3D)**Ilustración 10: Layout 2D cuarto WBB (Elaboración Propia)****Ilustración 11: Layout 3D cuarto WBB (Elaboración Propia)**

Anexo 3: Layout cuarto de refrigeración 2 (PAH)**Ilustración 12: Layout 2D cuarto PAH (Elaboración Propia)****Ilustración 13: Layout 3D cuarto PAH (Elaboración Propia)**

Anexo 4: Organigrama del personal de ILS en Pfizer



Organigrama de Bodega ILS - Pfizer



Ilustración 14: Organigrama (ILS Corporation)

Anexo 5: Flujo gramas de procedimientos de cadena de frío

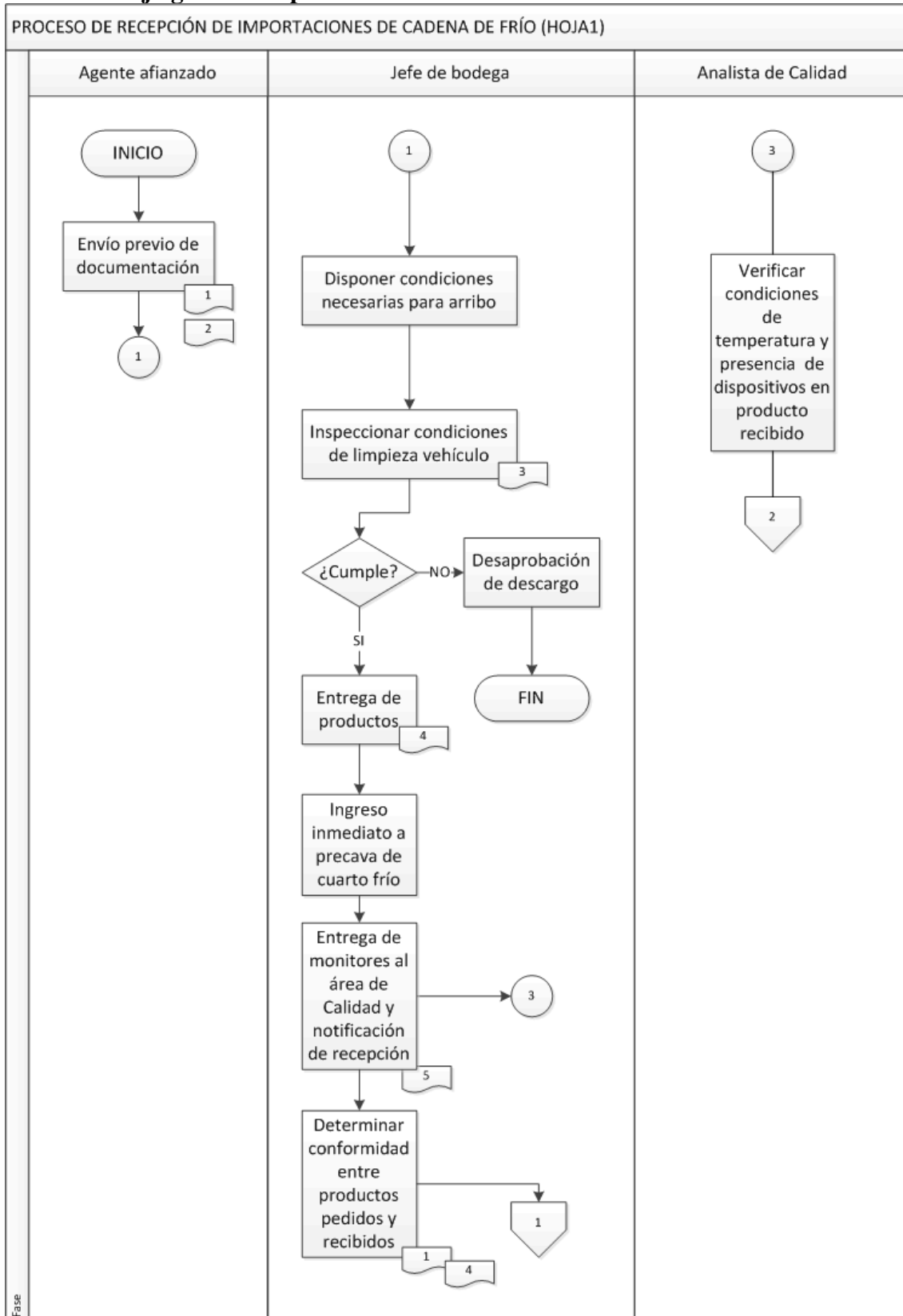


Figura 23: Procesos de recepción de productos de cadena de frío (Elaboración propia- SOP: "Manejo de productos de cadena de frío") (Parte 1)

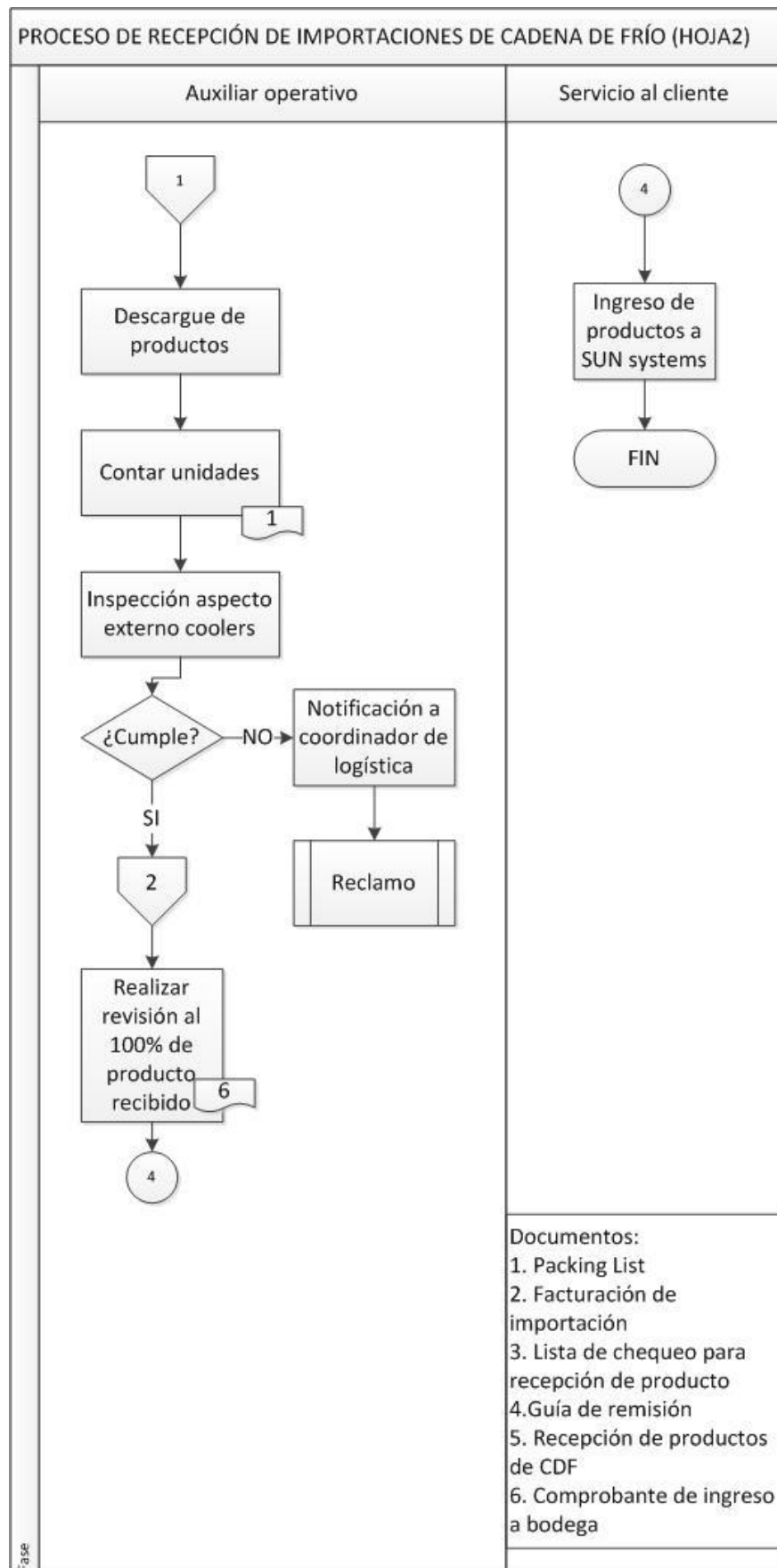


Figura 24: Proceso de recepción de productos de cadena de frío (Elaboración propia- SOP: "Manejo de productos de cadena de frío) (Parte 2)

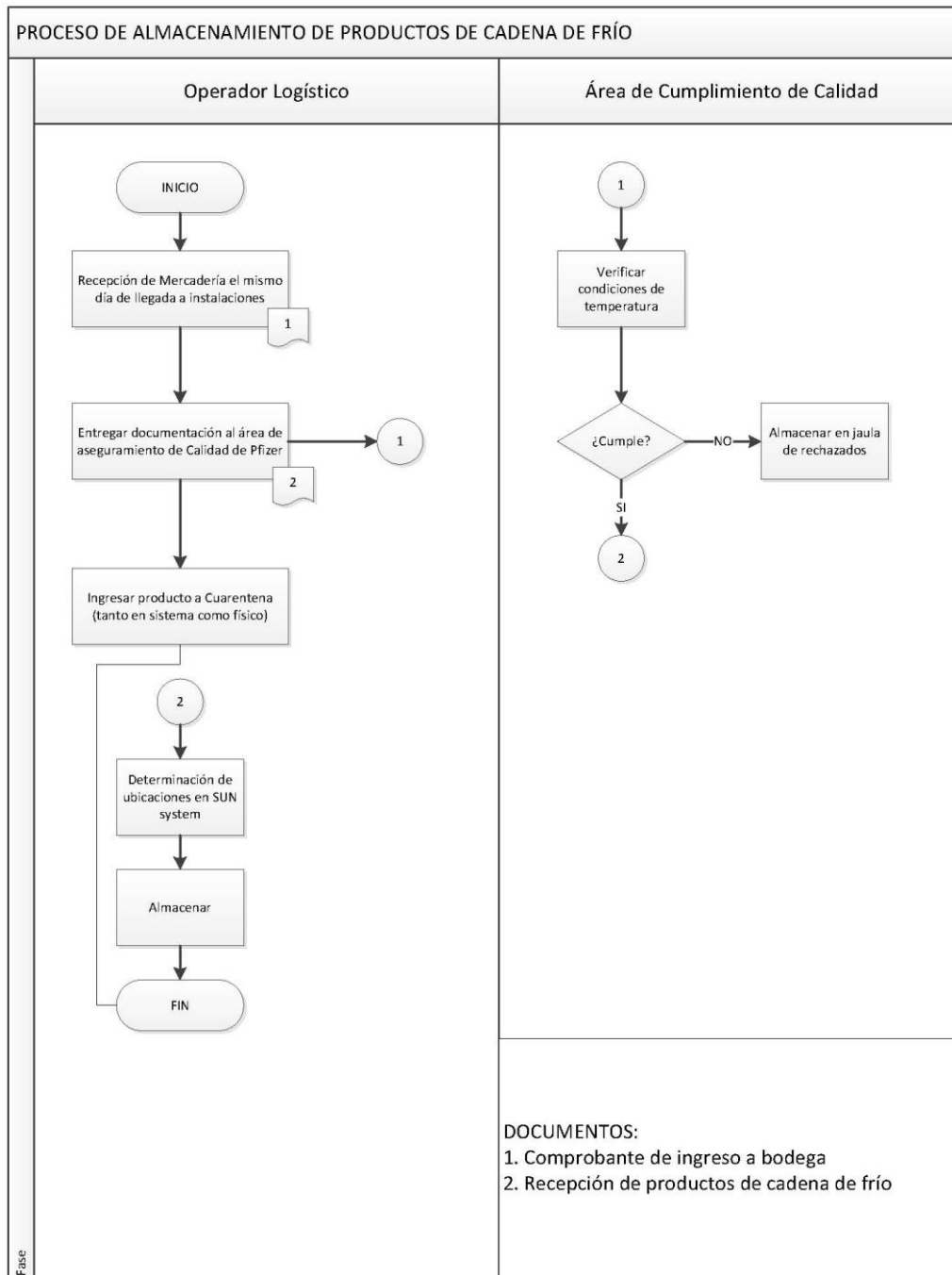


Figura 25: Proceso de almacenamiento de productos de cadena de frío (Elaboración propia- SOP: "Manejo de productos de cadena de frío")

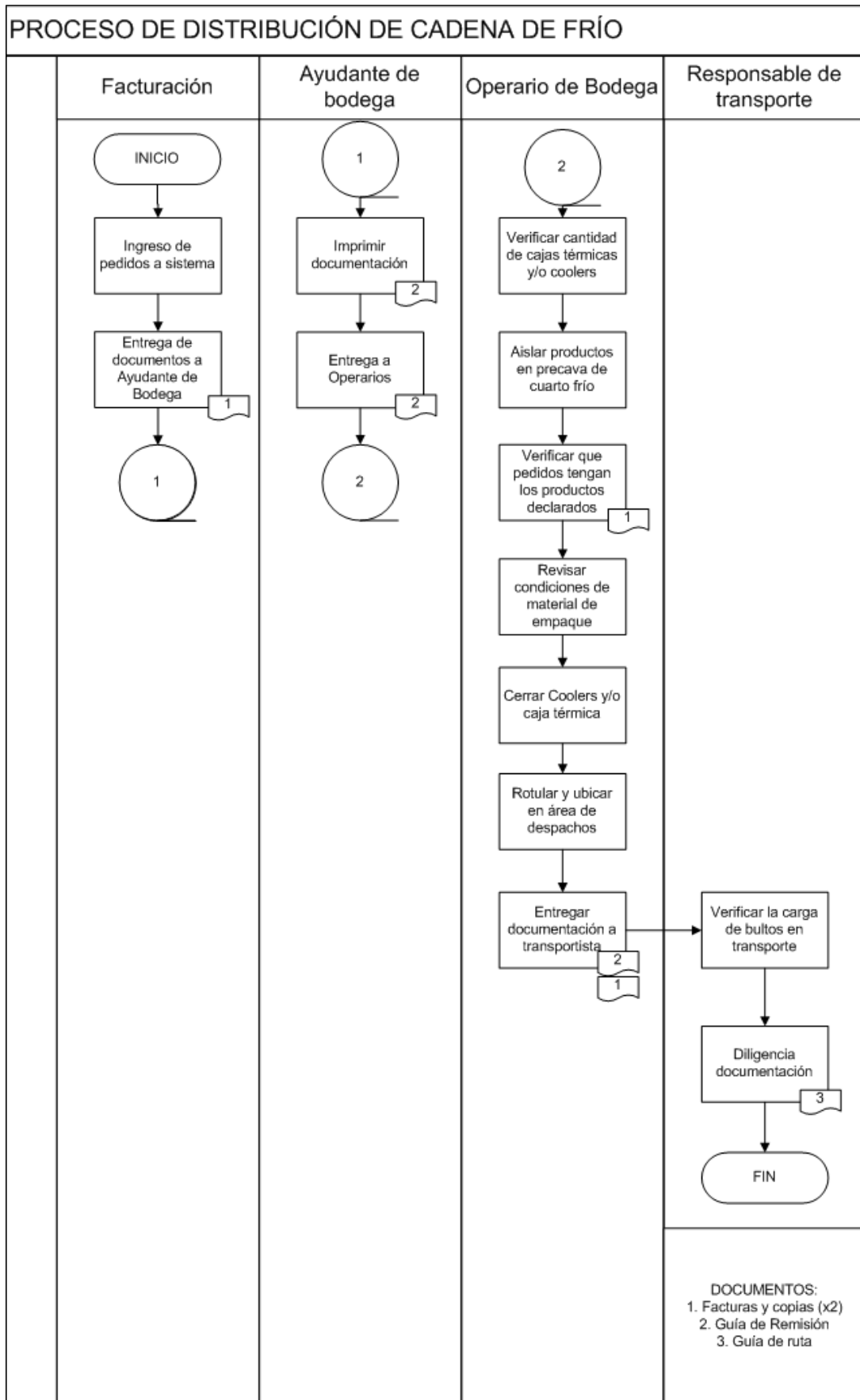


Figura 26: Proceso de distribución de productos de cadena de frío (Elaboración propia- SOP: "Manejo de productos de cadena de frío")

Anexo 6: Identificación de actividades a ser configuradas gracias a aplicación de tecnologías

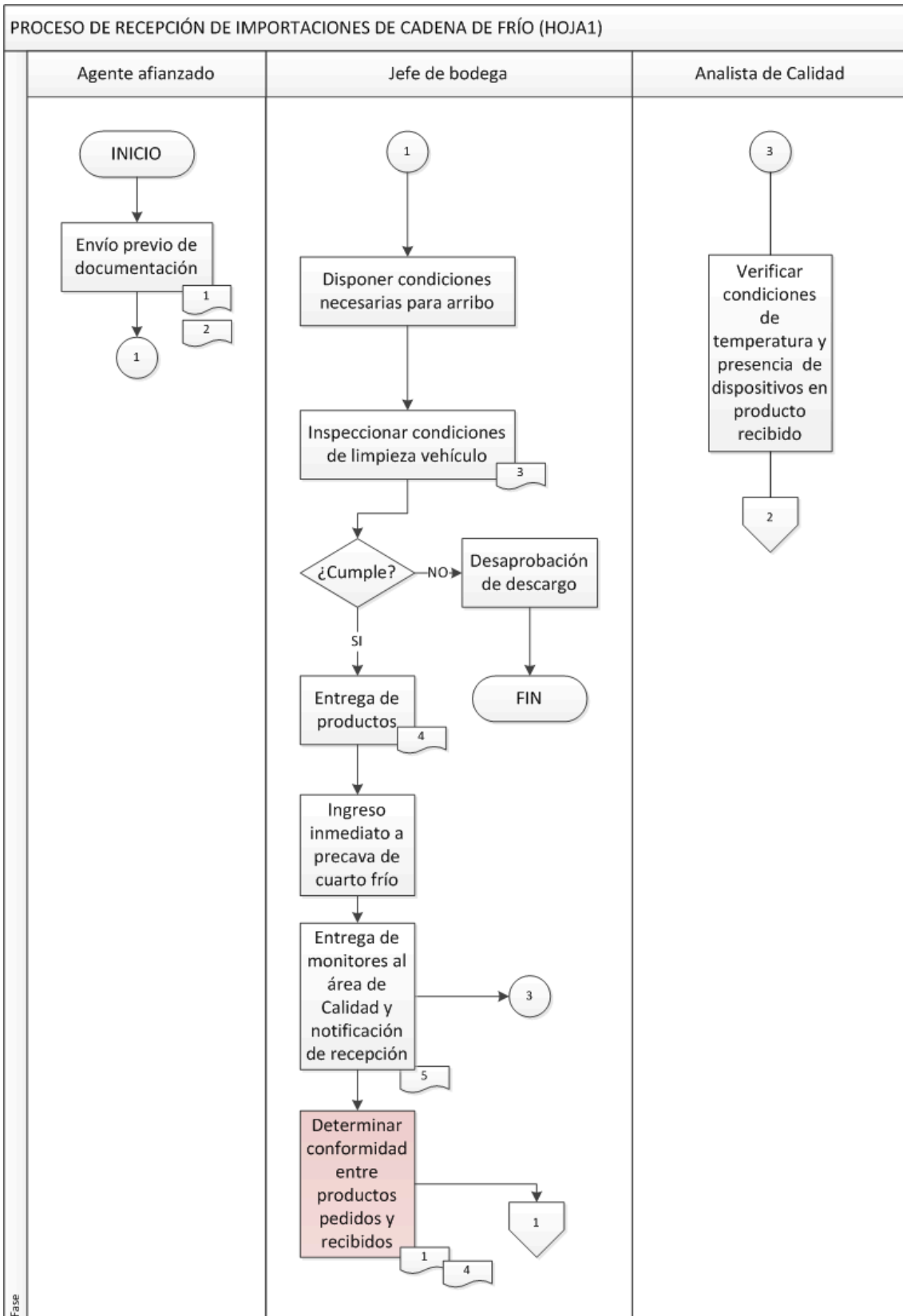


Figura 27: Identificación de actividades a cambiar mediante uso de solución tecnológica en proceso de Recepción (Elaboración propia) (Parte 1)

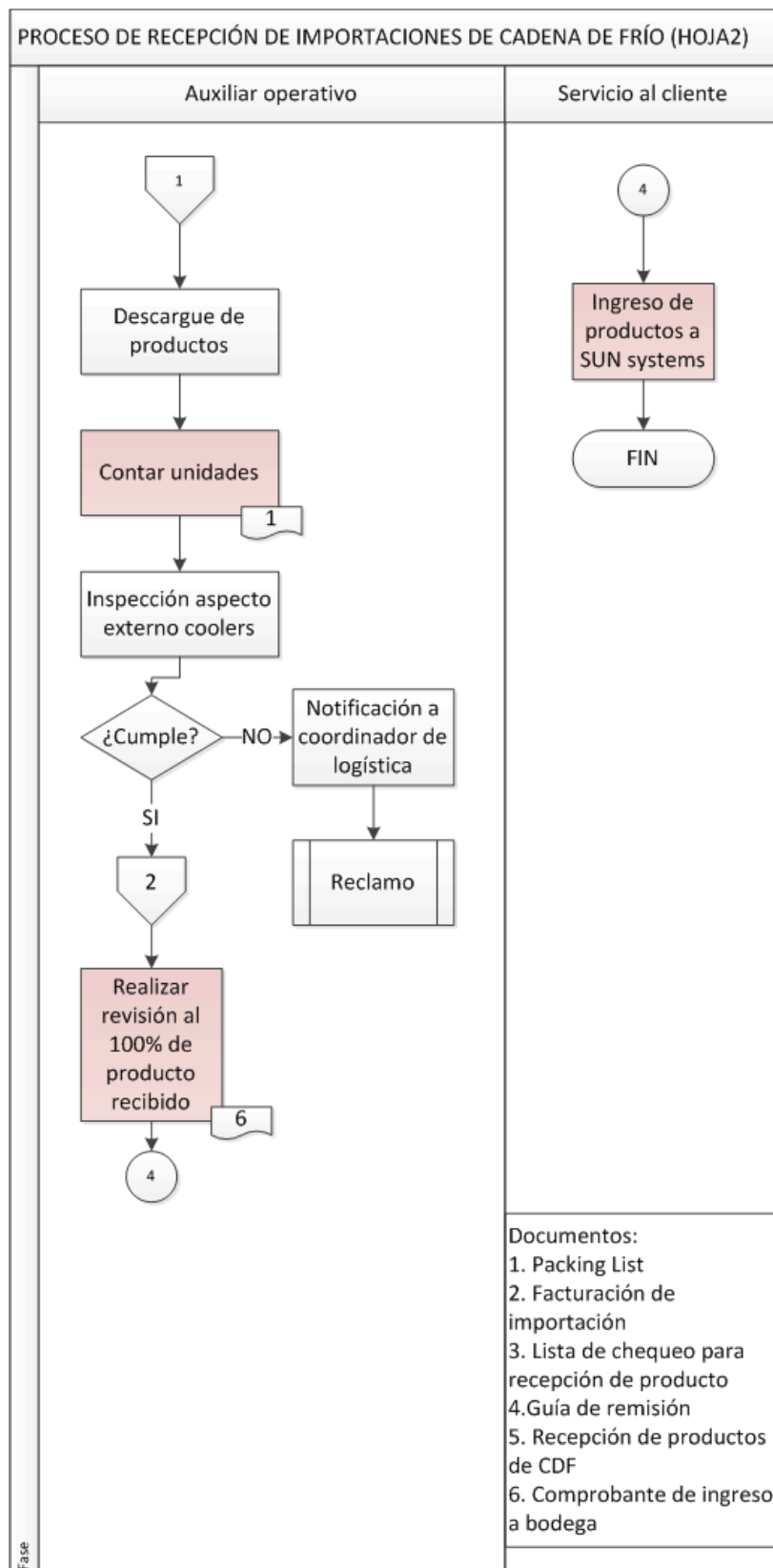


Figura 28: Identificación de actividades a cambiar mediante uso de solución tecnológica en proceso de Recepción (Elaboración propia) (Parte 2)

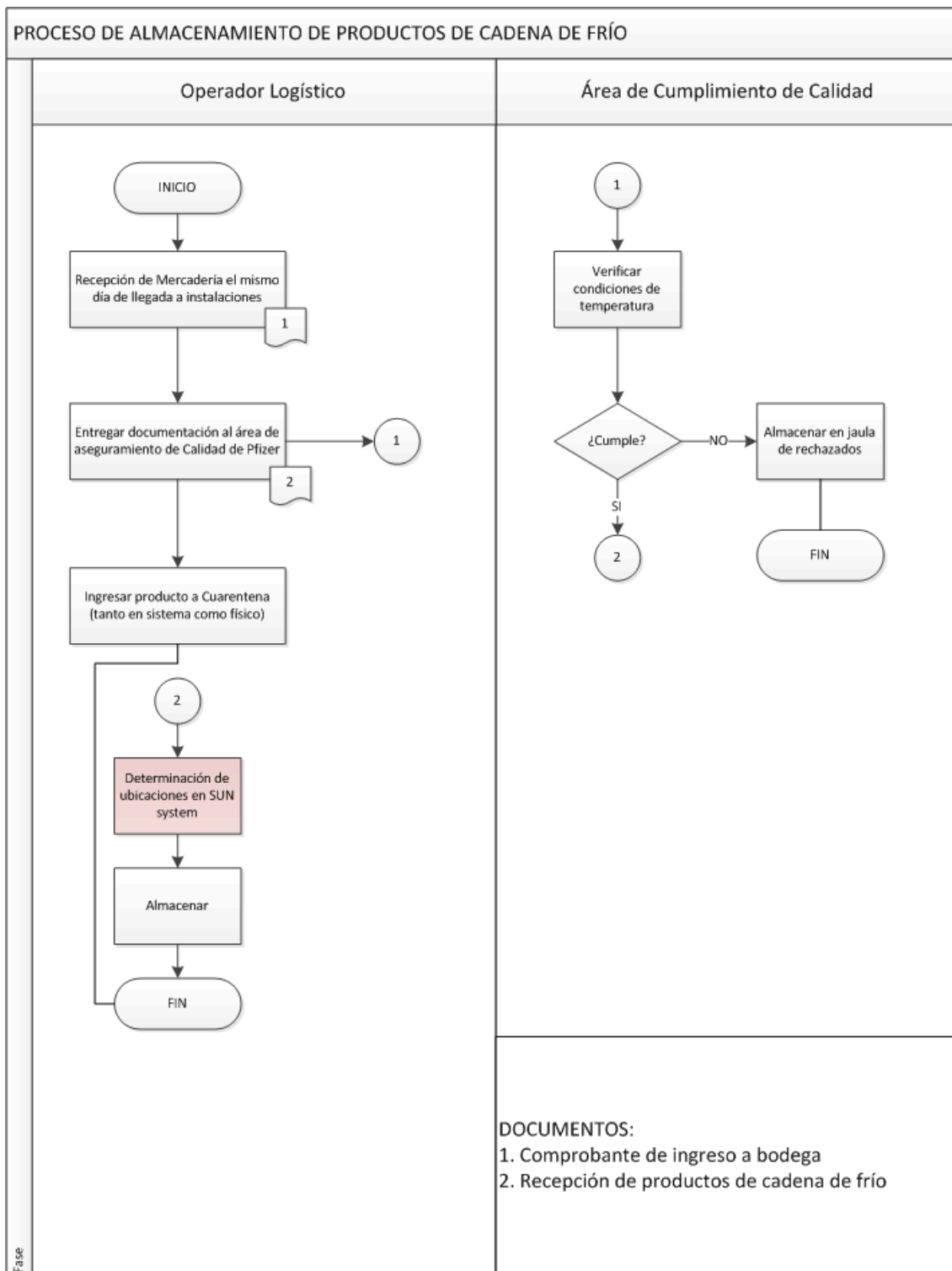


Figura 29: Identificación de actividades a cambiar mediante uso de solución tecnológica en proceso de Almacenamiento (Elaboración propia)

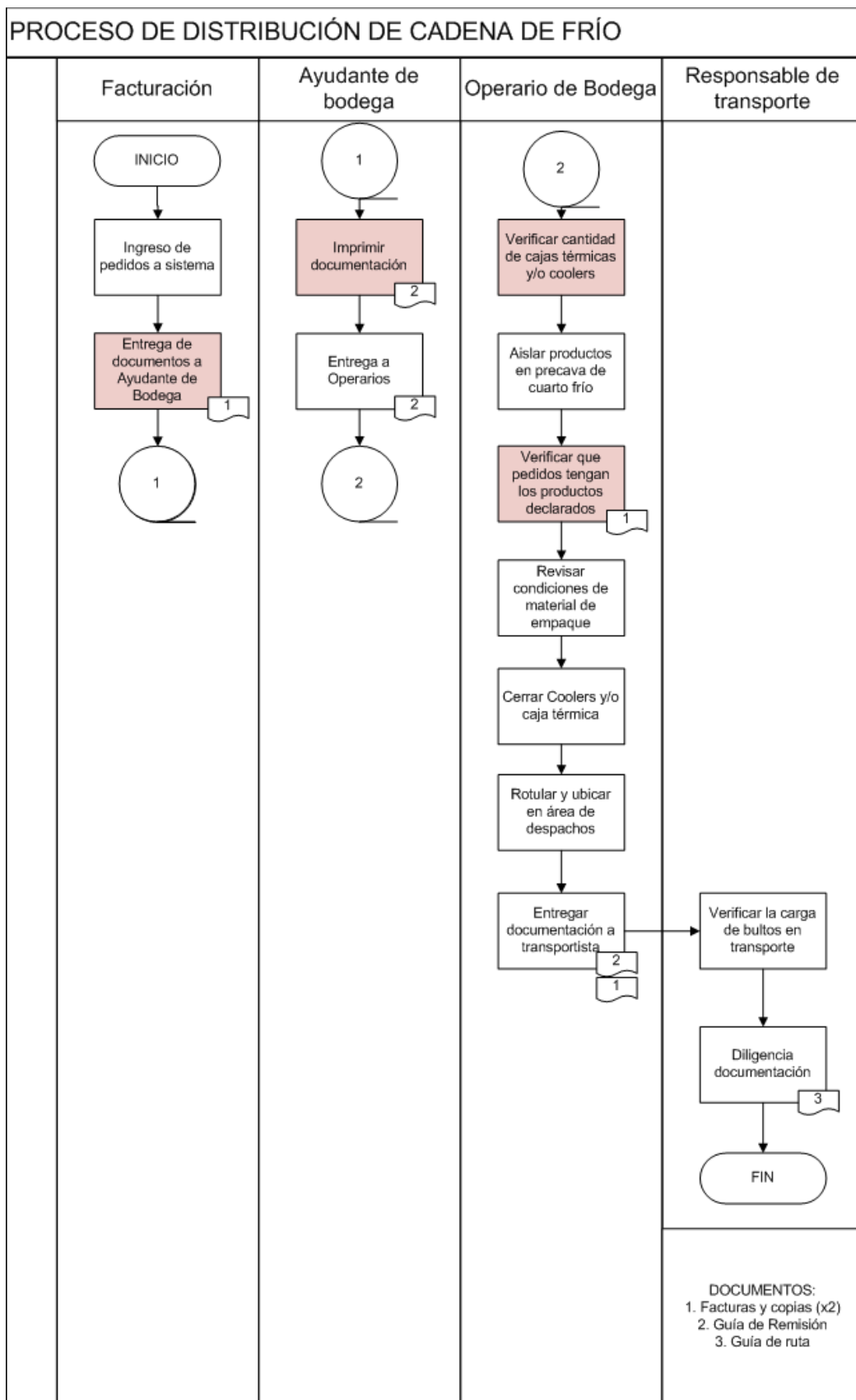


Figura 30: Identificación de actividades a cambiar mediante uso de solución tecnológica en proceso de Distribución (Elaboración propia)

Anexo 7: Procesos automatizados de manejo de productos de cadena de frío

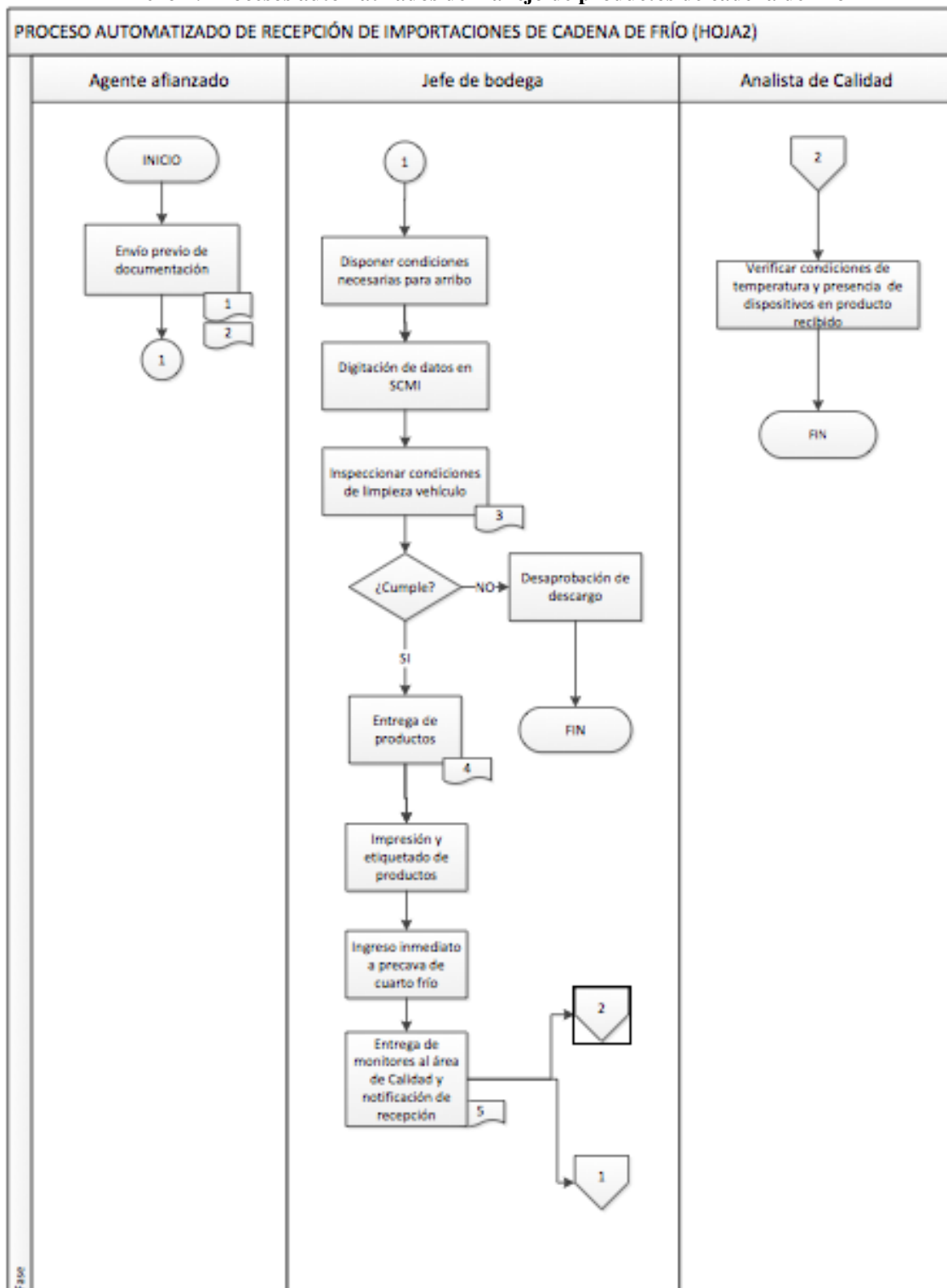


Figura 31: Proceso propuesto de automatizado de recepción de productos de cadena de frío (Elaboración propia) (Parte 1)

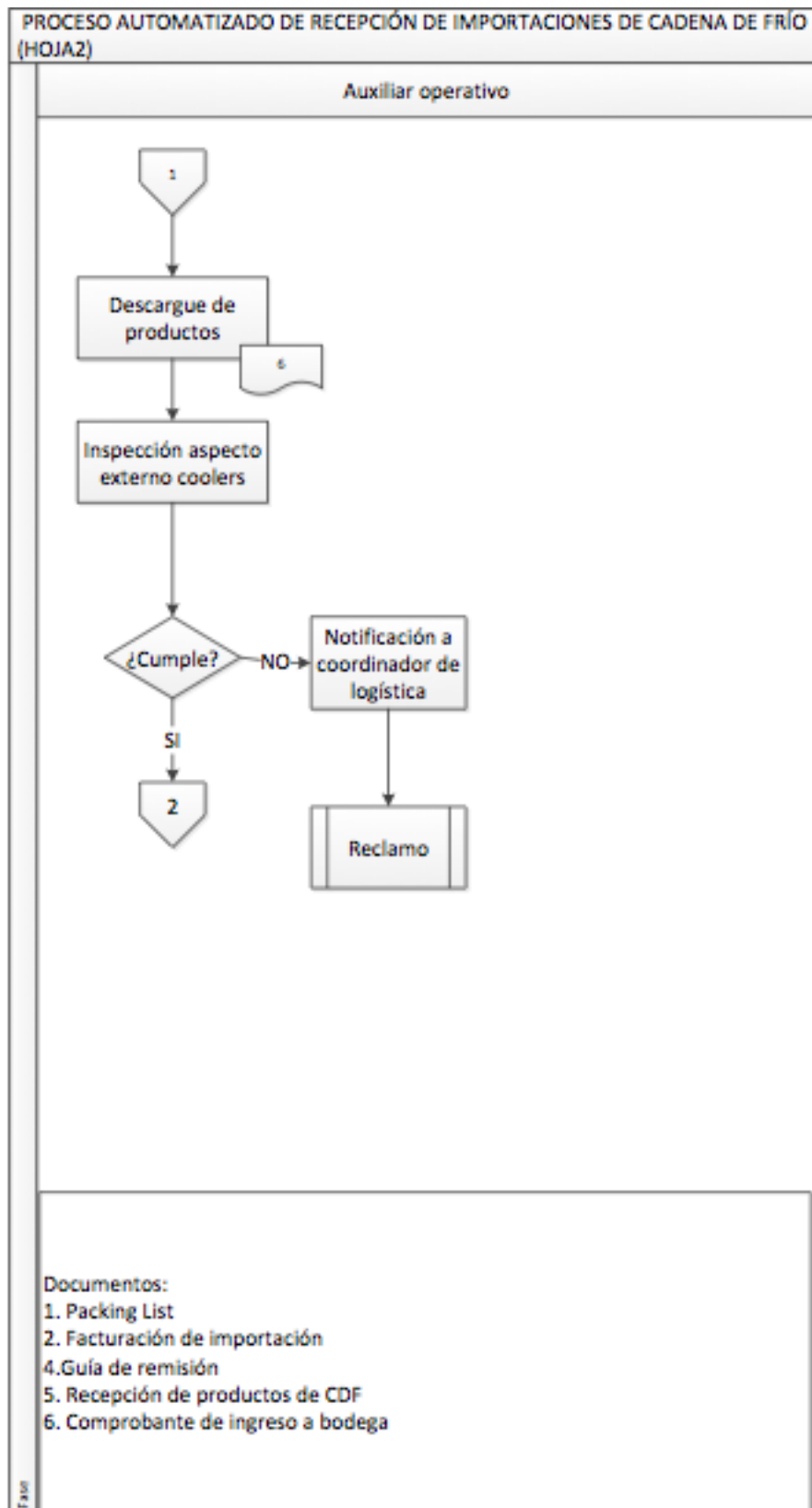


Figura 32: Proceso automatizado de recepción de productos de cadena de frío (Elaboración propia)
(Parte 2)

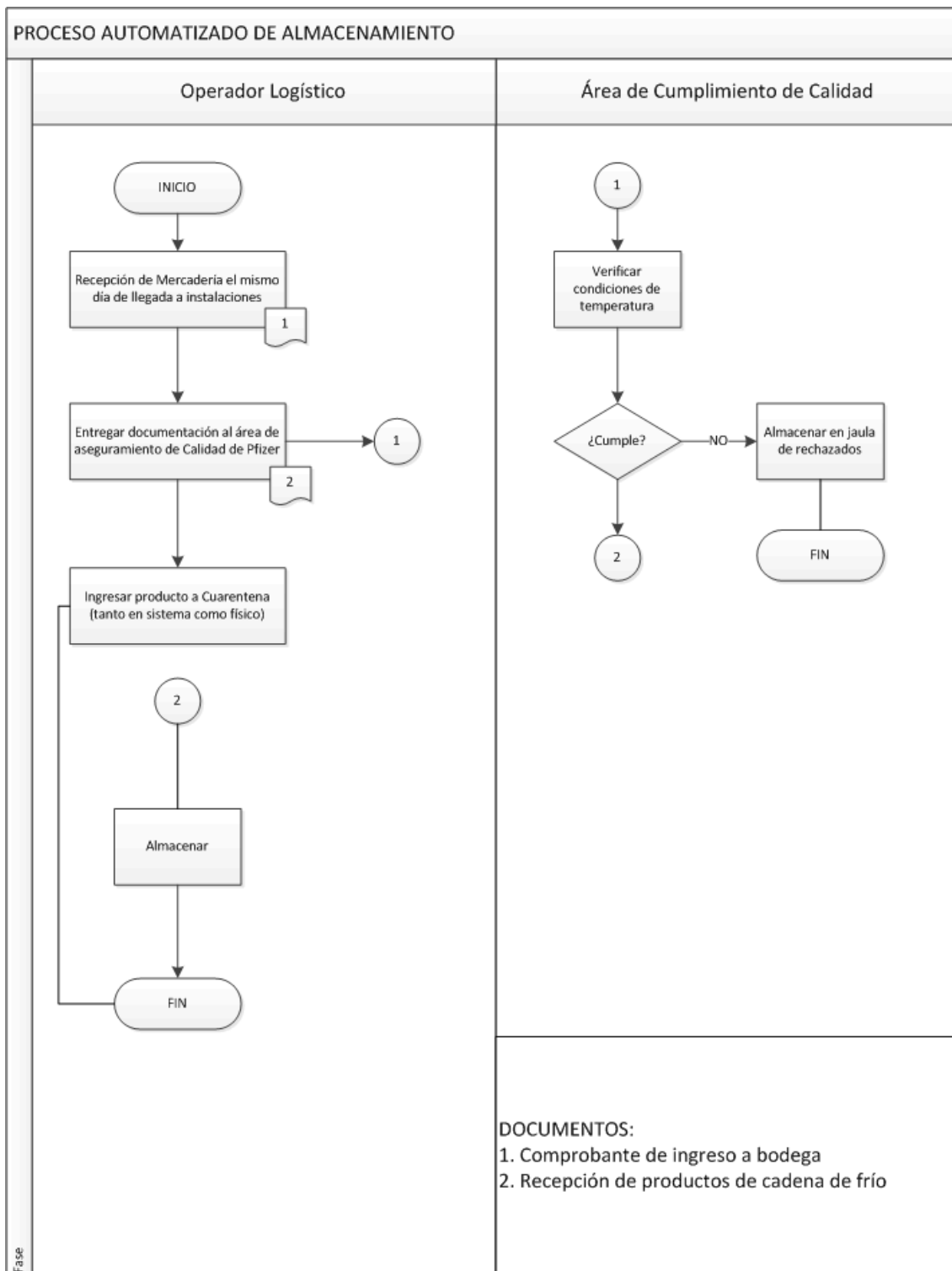


Figura 33: Proceso propuesto de automatizado de almacenamiento de productos de cadena de frío (Elaboración propia)

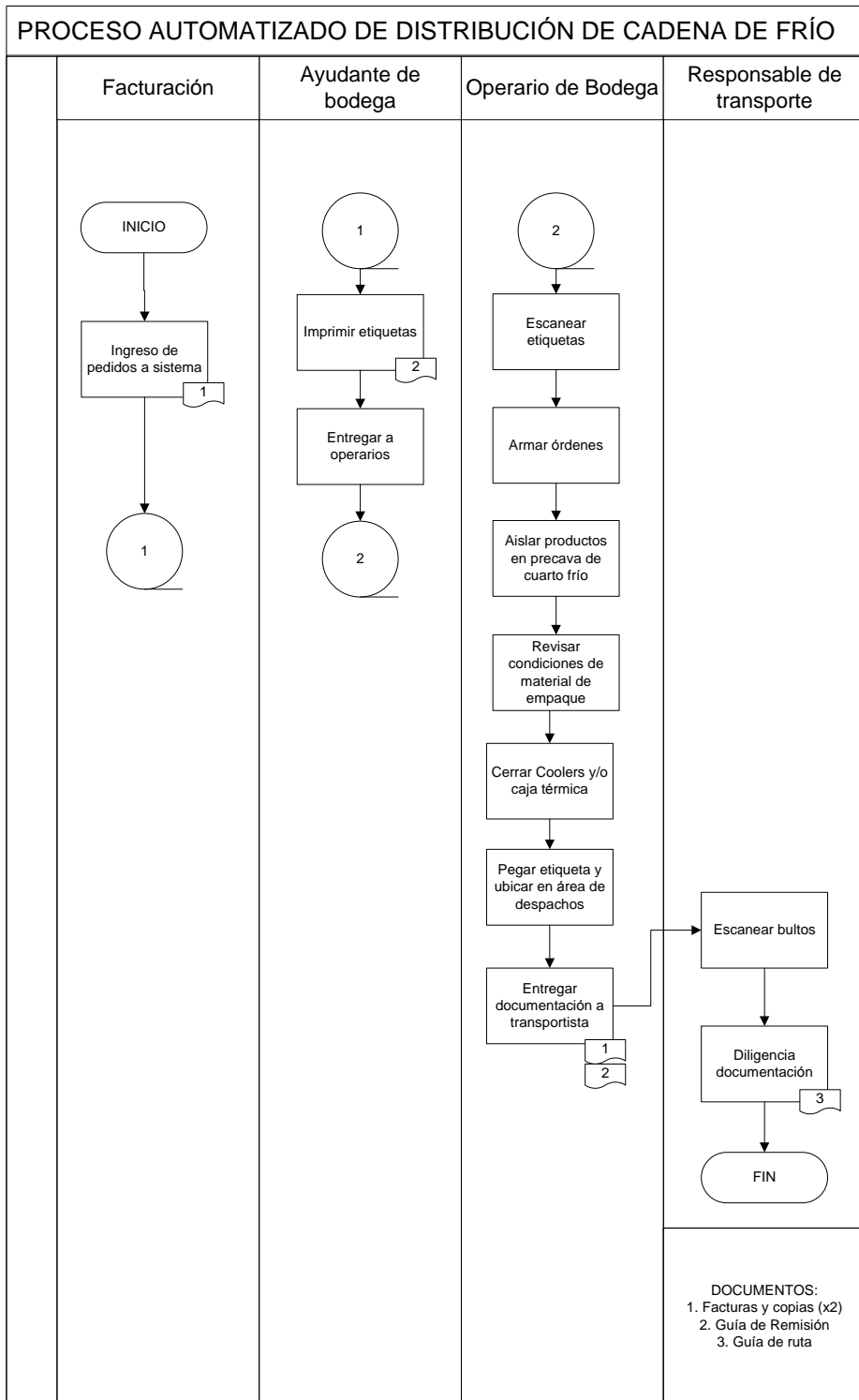


Figura 34: Proceso propuesto automatizado de distribución de productos de cadena de frío (Elaboración propia)

Anexo 8: Detalle de Clasificación ABC para productos WBB

	Demanda	SKU's	Porcentaje	Acumulado	Clase
P8	106008	877	37,16%	37,16%	A
P3	2782	348	14,75%	51,91%	A
P4	1835	230	9,75%	61,65%	B
P11	41737	209	8,86%	70,51%	B
P7	24192	202	8,56%	79,07%	B
P6	47217	197	8,35%	87,42%	B
P10	26126	131	5,55%	92,97%	C
P9	12470,6	52	2,20%	95,17%	C
P1	2574	43	1,82%	96,99%	C
P12	6980	35	1,48%	98,47%	C
P2	6081	31	1,31%	99,79%	C
P5	2235	5	0,21%	100,00%	C

Tabla 30: Detalle de clasificación ABC para productos WBB

Anexo 9: Descripción de la clasificación ABC para productos PAH

Producto	Demanda	SKU's	Porcentaje	Acumulado	Clase
1	5464	546	15,3%	15,3%	A
2	12568	419	11,7%	27,1%	A
3	4324	360	10,1%	37,2%	A
4	8260	275	7,7%	44,9%	A
5	9519	238	6,7%	51,5%	B
6	6866	229	6,4%	58,0%	B
7	22630	226	6,3%	64,3%	B
8	21071	211	5,9%	70,2%	B
9	5112	170	4,8%	75,0%	B
10	1300	130	3,6%	78,6%	C
11	3736	125	3,5%	82,1%	C
12	1484	124	3,5%	85,6%	C
13	4625	116	3,2%	88,8%	C
14	710	71	2,0%	90,8%	C
15	1911	64	1,8%	92,6%	C
16	1703	57	1,6%	94,2%	C
17	1070	45	1,2%	95,4%	C
18	1263	42	1,2%	96,6%	C
19	3942	39	1,1%	97,7%	C
20	1073	27	0,8%	98,5%	C
21	180	18	0,5%	99,0%	C
22	1164	12	0,3%	99,3%	C
23	490	10	0,3%	99,6%	C
24	744	7	0,2%	99,8%	C
25	719	7	0,2%	100,0%	C

Tabla 31: Detalle de clasificación ABC para productos PAH

Anexo 10: Detalle de pronósticos para productos WBB

11-28-2011 Month	Actual Data	Forecast by HWA	Forecast Error	CFE	MAD	MSE	MAPE (%)	Tracking Signal	R-square
1	20								
2	13								
3	16								
4	14								
5	17								
6	4								
7	19	20	-1	-1	1	1	5,263158	-1	
8	11	12,76	-1,76	-2,76	1,38	2,0488	10,63158	-2	0,93805
9	12	15,2976	-3,2976	-6,0576	2,0192	4,990588	16,24772	-3	
10	12	12,39578	-0,3957758	-6,453376	1,613344	3,782101	13,01032	-4	
11	15	15,05849	-5,848598E-02	-6,511862	1,302372	3,026365	10,48624	-5	
12	4	1,786314	2,213686	-4,298175	1,454258	3,338705	17,96223	-2,95558	
13		17,89712							
14		10,6036							
15		13,18565							
16		11,47802							
17		14,36006							
18		1,551678							
CFE		-4,298175							
MAD		1,454258							
MSE		3,338705							
MAPE		17,96223							
Trk. Signal		-2,95558							
R-square									
		c=6							
		Alpha=0,2							
		Beta=0,2							
		Gamma=0,2							
		F(0)=14							
		T(0)=0							
		S(1)=6							
		S(2)=-1							
		S(3)=2							
		S(4)=0							
		S(5)=3							
		S(6)=-10							

Tabla 32: Pronósticos P3-WBB (Elaboración propia- software WinQSB)

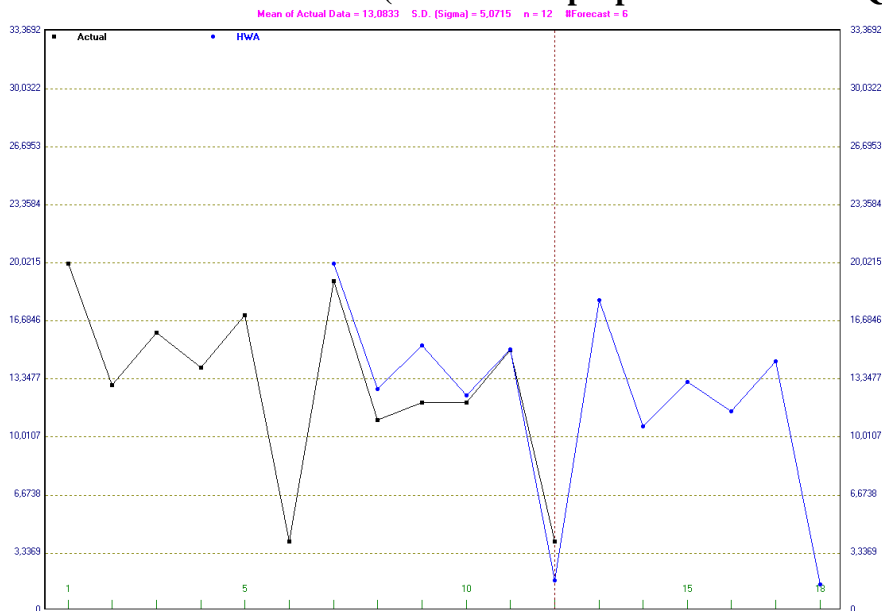


Figura 35: Pronósticos P3-WBB (Elaboración propia- software WinQSB)

11-29-2011 Month	Actual Data	Forecast by DEST	Forecast Error	CFE	MAD	MSE	MAPE (%)	Tracking Signal	R-square
1	72								
2	63	72	-9	-9	9	81	14,28571	-1	
3	73	59,4	13,6	4,600002	11,3	132,98	16,45793	0,4070798	
4	81	74,03001	6,969994	11,57	9,856666	104,847	13,84026	1,173825	
5	73	86,04201	-13,04201	-1,472012	10,653	121,1587	14,84664	-0,1381781	
6	58	73,4525	-15,4525	-16,92451	11,6129	144,6829	17,20576	-1,457389	
7	74	51,09772	22,90228	5,977772	13,49446	207,9882	19,4963	0,4429796	
8	84	74,8679	9,132095	15,10987	12,87127	190,1892	18,26419	1,173922	
9	99	90,58195	8,418053	23,52792	12,31462	175,2735	17,04406	1,910569	
10	90	109,7711	-19,77106	3,756855	13,14311	199,2314	17,59114	0,2858422	
11	85	93,62025	-8,620255	-4,8634	12,69082	186,7392	16,84618	-0,3832217	
12	66	83,39275	-17,39275	-22,25615	13,11827	197,2636	17,7104	-1,696576	
13	51	56,65984	-5,659843	-27,91599	12,49674	183,4944	17,15935	-2,233862	
14	34	37,83055	-3,830547	-31,74654	11,83011	170,5082	16,70604	-2,683537	
15	23	18,78894	4,211058	-27,53548	11,28589	159,5957	16,82053	-2,439815	
16	37	9,128619	27,87138	0,3359013	12,39159	200,7435	20,72103	0,0271072	
17		34,65616							
18		34,82075							
19		34,98534							
20		35,14993							
21		35,31452							
22		35,47911							
CFE		0,3359013							
MAD		12,39159							
MSE		200,7435							
MAPE		20,72103							
Trk. Signal		0,0271072							
R-square									
		Alpha=0,7							
		F(0)=72							
		F'(0)=72							

Tabla 33: Pronósticos P8-WBB (Elaboración propia - software WinQSB)

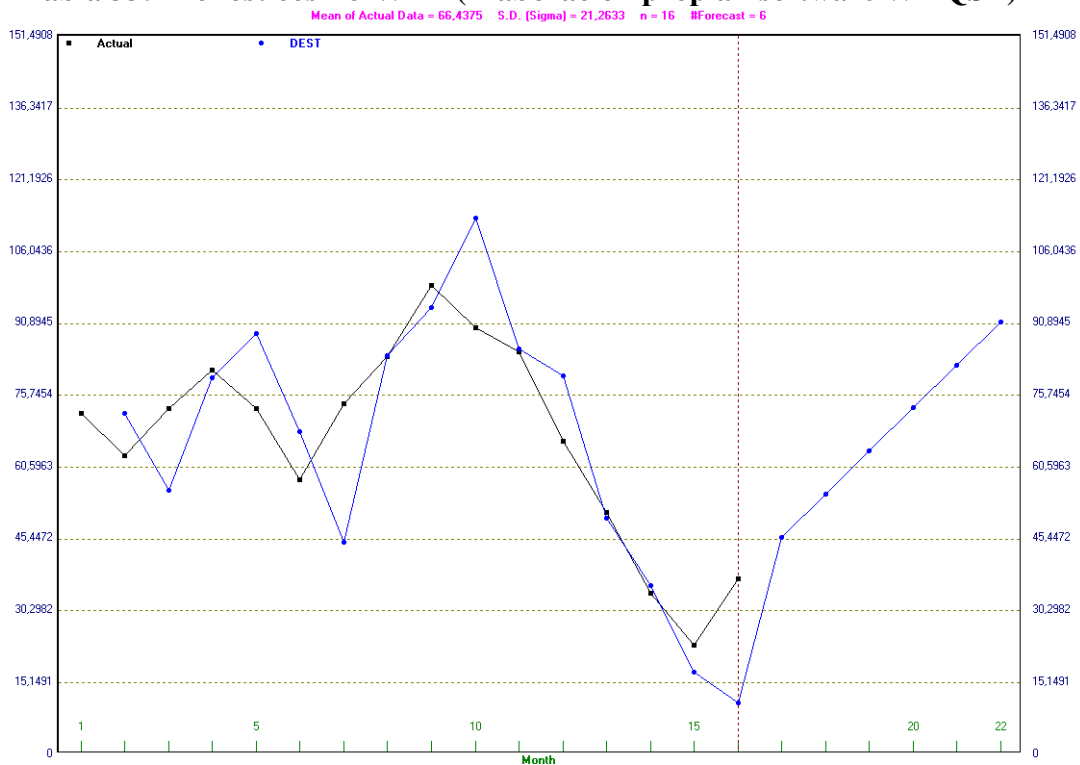


Figura 36: Pronósticos P8-WBB (Elaboración propia-- software WinQSB)

11-29-2011 Month	Actual Data	Forecast by HWA	Forecast Error	CFE	MAD	MSE	MAPE (%)	Tracking Signal	R-square
1	2								
2	7								
3	11								
4	11								
5	8								
6	15								
7	4	2	2	2	2	4	50	1	
8	7	7.33	-0.3300004	1.67	1.165	2.05445	27.35715	1.433476	
9	18	11.38555	6.61445	8.284449	2.981483	15.95328	30.48708	2.778633	0.6183345
10	8	12.56878	-4.568785	3.715664	3.378309	17.18341	37.14276	1.099859	0.648522
11	9	9.27058	-0.2705803	3.445084	2.756763	13.76137	30.3155	1.249684	0.6450109
12	25	16.4303	8.569704	12.01479	3.725587	23.70778	30.97605	3.224938	0.4560866
13	6	5.051576	0.9484239	12.96321	3.328849	20.44946	28.80906	3.894202	0.4739695
14	16	10.84814	5.151858	18.11507	3.556725	21.21098	29.23281	5.093188	0.498772
15	15	16.47298	-1.47298	16.64209	3.325198	19.09528	27.07582	5.004842	0.5768477
16	19	17.12674	1.873262	18.51535	3.180004	17.53666	25.35417	5.82243	0.6284062
17		15.38939							
18		23.48642							
19		11.45473							
20		17.48975							
21		22.51094							
22		23.45954							
CFE		18.51535							
MAD		3.180004							
MSE		17.53666							
MAPE		25.35417							
Trk.Signal		5.82243							
R-square		0.6284062							
		c=6							
		Alpha=0.11							
		Beta=0.5							
		Gamma=0.01							
		F(0)=9							
		T(0)=0							
		S(1)=-7							
		S(2)=-2							
		S(3)=2							
		S(4)=2							
		S(5)=-1							
		S(6)=6							

Tabla 34: Pronósticos P4 -WBB (Elaboración propia-- software WinQSB)

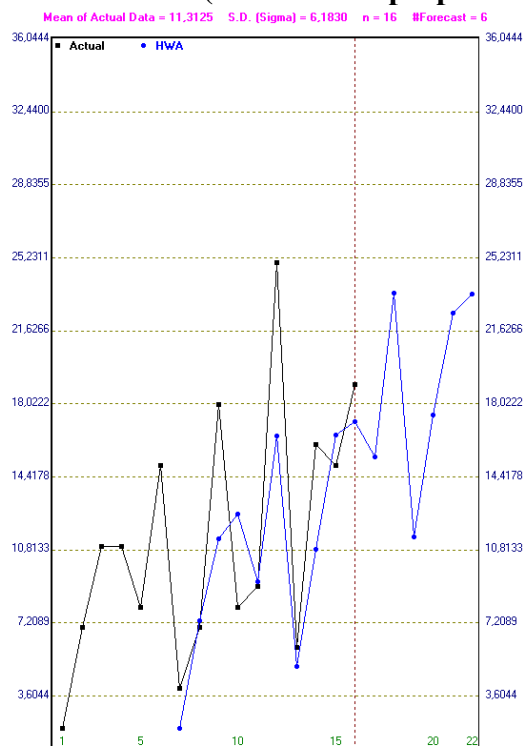


Figura 37: Pronósticos P4 -WBB (Elaboración propia-- software WinQSB)

11-27-2011 Month	Actual Data	Forecast by DES	Forecast Error	CFE	MAD	MSE	MAPE (%)	Tracking Signal	R-square
19	4	4,552683	-0,5526834	-3,879425	0,6376904	0,6629887	15,2366	-6,083555	0,1217531
20	5	4,518175	0,4818249	-3,3976	0,629487	0,6403132	14,94185	-5,397411	0,1038124
21	6	4,525996	1,474004	-1,923596	0,6717128	0,7169319	15,4231	-2,863719	5,834037E-02
22	4	4,615417	-0,6154165	-2,539013	0,669032	0,7008274	15,4213	-3,795054	6,720201E-02
23	5	4,631618	0,3683825	-2,17063	0,6553662	0,6751401	15,05523	-3,312088	6,025667E-02
24	3	4,662194	-1,662194	-3,832825	0,6991413	0,7659118	16,80963	-5,482189	0,0778449
25	4	4,584113	-0,5841126	-4,416937	0,6943484	0,748215	16,71768	-6,361269	8,057651E-02
26	6	4,505368	1,494632	-2,922305	0,7263598	0,8076434	17,04539	-4,02322	5,493587E-02
27	4	4,545976	-0,5459757	-3,468281	0,719422	0,7880452	16,91478	-4,820927	6,202897E-02
28	5	4,537982	0,4620175	-3,006263	0,7098885	0,7667642	16,63054	-4,234839	0,0560879
29	5	4,559978	0,440022	-2,566241	0,7002503	0,7462948	16,35089	-3,664748	5,134878E-02
30	7	4,598028	2,401972	-0,164269	0,7589304	0,9195077	16,97031	-0,216448	3,034907E-02
31	4	4,758359	-0,758359	-0,9226279	0,7589114	0,9080278	17,0366	-1,215726	3,105173E-02
32	5	4,807285	0,1927152	-0,7299128	0,740647	0,8799346	16,61136	-0,985507	3,093682E-02
33	6	4,846645	1,153355	0,4234424	0,7535441	0,8940063	16,69296	0,5619344	2,929535E-02
34	6	4,935812	1,064188	1,48763	0,7629576	0,9012332	16,72458	1,94982	3,165646E-02
35	4	5,048613	-1,048613	0,4390168	0,7713591	0,9070672	17,00372	0,5691471	3,272657E-02
36	5	5,053366	-5,336618E-02	0,3856506	0,7508451	0,8812324	16,5484	0,5136221	3,630931E-02
37	6	5,053038	0,9469624	1,332613	0,7562928	0,8816631	16,52713	1,762033	3,927378E-02
38	7	5,107393	1,892607	3,22522	0,7870039	0,9546441	16,81119	4,098099	4,423825E-02
39	5	5,247803	-0,2478032	2,977417	0,7728145	0,9311378	16,49921	3,852693	4,970603E-02
40	6	5,314631	0,6853695	3,662786	0,7705722	0,9193069	16,36905	4,753333	5,909738E-02
41	7	5,392707	1,607293	5,270079	0,7914903	0,9609089	16,53385	6,658425	7,032821E-02
42	7	5,530385	1,469615	6,739694	0,8080299	0,9901494	16,64265	8,340897	8,474136E-02
43	9	5,694557	3,305443	10,04514	0,8674921	1,226716	17,12085	11,57951	9,652925E-02
44	4	5,979776	-1,979776	8,065361	0,8933592	1,289339	17,87372	9,028128	0,1011851
45	9	6,030484	2,969516	11,03488	0,9405445	1,460446	18,21738	11,73244	0,1147944
46		6,230816							
47		6,230816							
48		6,230816							
49		6,230816							
50		6,230816							
51		6,230816							
CFE		11,03488							
MAD		0,9405445							
MSE		1,460446							
MAPE		18,21738							
Trk.Signal		11,73244							
R-square		0,1147944							
		Alpha=0,24							
		F(0)=5							
		F'(0)=5							

Tabla 35: Pronósticos P6-WBB (Elaboración propia-- software WinQSB)

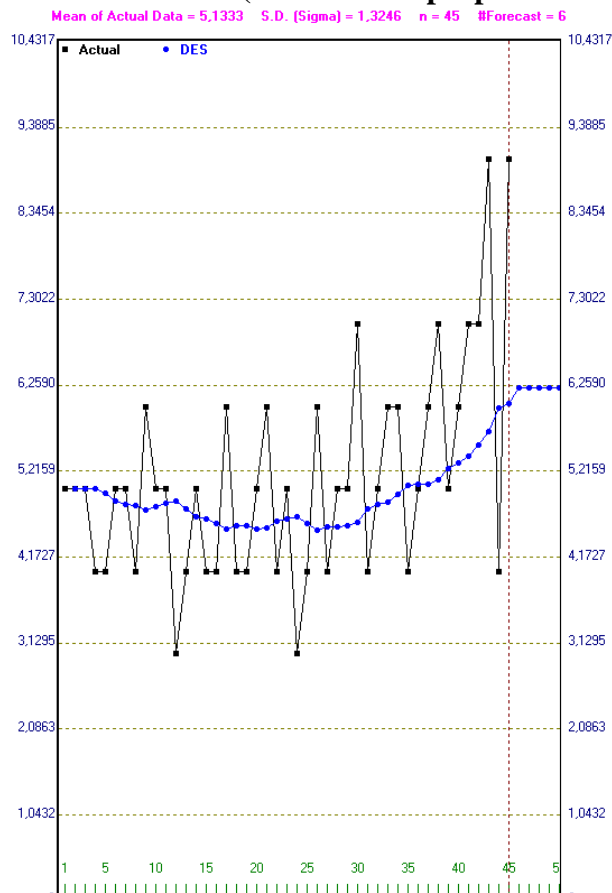


Figura 38: Pronósticos P6-WBB (Elaboración propia-- software WinQSB)

11-29-2011 Month	Actual Data	Forecast by HWA	Forecast Error	CFE	MAD	MSE	MAPE (%)	Tracking Signal	R-square
1	4								
2	3								
3	2								
4	6								
5	4	4	0	0	0	0	0	0	0
6	3	3	0	0	0	0	0	0	0
7	3	2	1	1	0,3333333	0,3333333	11,11111	3	1
8	5	6,015	-1,015	-1,499987E-02	0,50375	0,5075562	13,40833	-2,97641E-02	
9	5	4,004775	0,995225	0,9802251	0,6020449	0,6041395	14,70757	1,628159	
10	2	3,019628	-1,019628	-0,0394032	0,6716421	0,6767232	20,75321	-5,866696E-02	
11	4	2,434935	1,565065	1,525662	0,799274	0,9299669	23,37798	1,90881	
12	5	5,600428	-0,6004281	0,9252338	0,7744183	0,8587853	21,9568	1,194747	
13	4	4,454803	-0,4548025	0,4704313	0,7389054	0,7863475	20,7805	0,6366597	
14	3	2,594884	0,4051163	0,8755476	0,7055265	0,7241247	20,05284	1,240985	
15	7	3,129316	3,870684	4,746231	0,9932681	2,020313	23,25671	4,778399	0,991243
16	3	5,412118	-2,412118	2,334113	1,111506	2,336813	28,01898	2,099956	0,998277
17	5	4,317413	0,6825871	3,0167	1,078512	2,192898	26,91381	2,797095	0,9775555
18	5	2,847667	2,152333	5,169034	1,155213	2,367158	28,06616	4,474527	
19	5	4,896331	0,1036692	5,272703	1,08511	2,210064	26,33331	4,85914	
20	7	4,469506	2,530494	7,803197	1,175447	2,472148	26,94684	6,638494	0,8746355
21	8	4,768988	3,231012	11,03421	1,296363	2,940812	27,73748	8,511668	0,7148649
22	3	3,990484	-0,9904845	10,04373	1,279369	2,831937	28,03074	7,850528	0,6416442
23	8	5,159978	2,840022	12,88375	1,361509	3,107399	28,42387	9,462844	0,5897956
24	8	5,831671	2,168329	15,05208	1,40185	3,187112	28,35788	10,73729	0,5837495
25	5	6,461987	-1,461987	13,59009	1,404714	3,137126	28,39988	9,674634	0,6254953
26	8	3,852242	4,147758	17,73785	1,529397	3,776525	29,46565	11,59793	0,6219594
27	9	6,742235	2,257765	19,99561	1,561066	3,833958	29,27525	12,80895	0,6195065
28	7	7,157725	-0,1577249	19,83789	1,502593	3,675247	28,14933	13,20244	0,6706775
29		6,243283							
30		6,067466							
31		8,121911							
32		7,485761							
33		6,64004							
34		6,464223							
CFE		19,83789							
MAD		1,502593							
MSE		3,675247							
MAPE		28,14933							
Trk. Signal		13,20244							
R-square		0,6706775							

c=4

Tabla 36: Pronósticos P7-WBB (Elaboración propia-- software WinQSB)

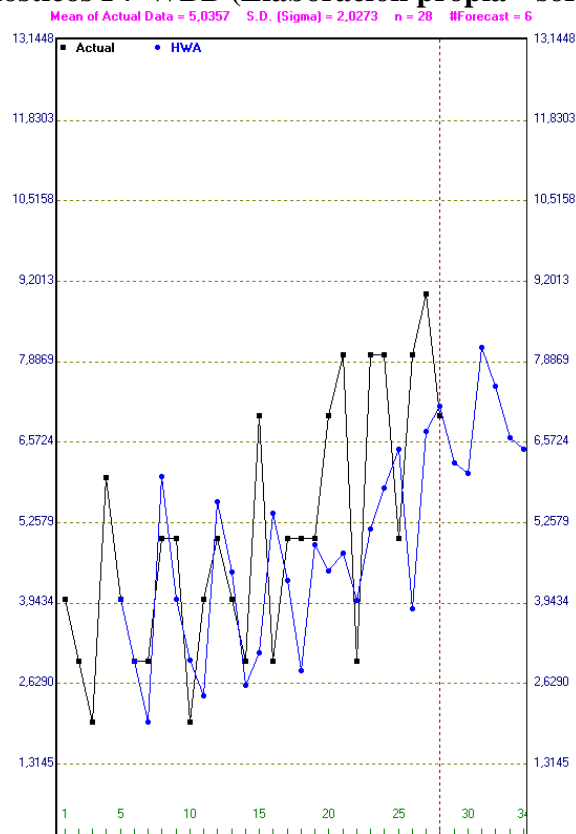


Figura 39: Pronósticos P7-WBB (Elaboración propia-- software WinQSB)

11-29-2011 Month	Actual Data	Forecast by DEST	Forecast Error	CFE	MAD	MSE	MAPE (%)	Tracking Signal	R-square
1	3								
2	5								
3	3	3	-0.7200003	1.28	1.36	2.2592	32	0.9411762	0.5391999
4	4	3.5256	0.4743998	1.7544	1.0648	1.581152	25.28667	1.647633	0.6517276
5	4	3.737856	0.2621439	2.016543	0.864136	1.203044	20.6034	2.333595	0.6860873
6	4	3.889071	0.1109295	2.127473	0.7134947	0.9648961	17.03737	2.981764	0.6322399
7	3	3.994341	-0.9943411	1.133132	0.7603024	0.9688658	19.72192	1.49037	0.296518
8	7	3.705309	3.294691	4.427823	1.122358	2.381169	23.62837	3.945108	0.3001346
9	5	4.928111	7.188892E-02	4.499712	0.9910493	2.084169	20.85454	4.540351	0.3858972
10	7	5.097453	1.902547	6.402259	1.092327	2.254782	21.55729	5.86112	0.4485273
11	10	5.928161	4.071839	10.4741	1.390278	3.687292	23.4734	7.533815	0.4126785
12	8	7.601456	0.3985443	10.87264	1.30012	3.366523	21.79235	8.362796	0.5634487
13	8	8.084292	-8.429241E-02	10.78835	1.198802	3.086571	20.06412	8.99928	0.6976712
14	6	8.40622	-2.40622	8.38213	1.29168	3.29452	21.60562	6.489324	0.8360369
15	7	7.889524	-0.889524	7.492606	1.262955	3.115715	20.97004	5.932601	0.9179083
16	6	7.840876	-1.840876	5.65173	1.301483	3.133922	21.61746	4.342532	0.9922708
17	9	7.420921	1.579079	7.230808	1.318832	3.093895	21.36295	5.482735	0.9239459
18	10	8.172505	1.827495	9.058303	1.348754	3.108356	21.1813	6.716053	0.8532466
19	8	9.064681	-1.064681	7.993622	1.332972	2.998645	20.74392	5.996841	0.9333658
20	6	8.974885	-2.974885	5.018737	1.419388	3.306608	22.26169	3.535845	
21	6	8.16292	-2.16292	2.855817	1.456565	3.375188	22.95104	1.960652	
22	9	7.546876	1.453124	4.308941	1.456401	3.315016	22.62698	2.958622	0.9952196
23		8.162529							
24		8.302138							
25		8.441748							
26		8.581357							
27		8.720966							
28		8.860576							
CFE		4.308941							
MAD		1.456401							
MSE		3.315016							
MAPE		22.62698							
Trk. Signal		2.958622							
R-square		0.9952196							
		Alpha=0.18							
		F(0)=3							
		F'(0)=3							

Tabla 37: Pronósticos P11-WBB (Elaboración propia-- software WinQSB)

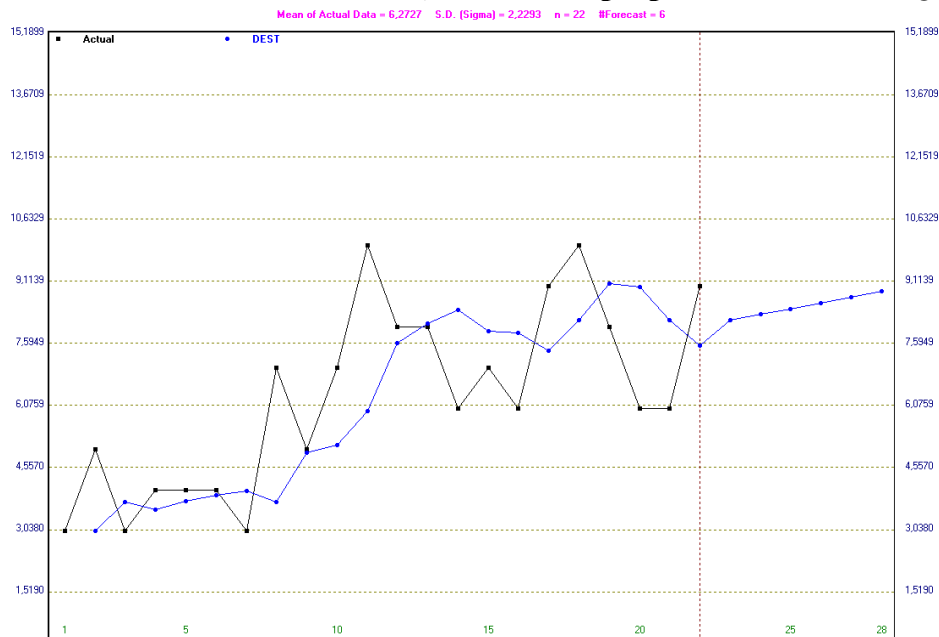


Figura 40: Pronósticos P11-WBB (Elaboración propia-- software WinQSB)

Anexo 11: Detalles de pronósticos para productos PAH

12-02-2011 Month	Actual Data	Forecast by HWA	Forecast Error	CFE	MAD	MSE	MAPE (%)	Tracking Signal	R-square
1	52								
2	33								
3	29								
4	14								
5	49	52	-3	-3	3	9	6,122449	-1	
6	40	32,64	7,360001	4,360001	5,18	31,5848	12,26122	0,8416989	
7	32	29,4632	2,5368	6,896801	4,298934	23,20165	10,81665	1,604305	
8	24	14,85482	9,145183	16,04198	5,510496	38,30983	17,63872	2,911169	
9	48	52,68618	-4,686176	11,35581	5,345632	35,03992	16,06355	2,124315	
10	38	38,29316	-0,2931557	11,06265	4,503553	29,21425	13,51487	2,456428	
11	26	32,22783	-6,227833	4,83482	4,749878	30,58163	15,00606	1,017883	
12	38	19,79447	18,20553	23,04035	6,431835	68,1891	19,11896	3,582236	
13	54	52,19875	1,80125	24,8416	5,917326	60,97303	17,36526	4,198113	
14	45	40,78012	4,219879	29,06148	5,747581	56,65647	16,56649	5,056298	
15	27	32,74865	-5,74865	23,31283	5,747678	54,51015	16,99601	4,056043	
16	29	32,16758	-3,167576	20,14526	5,53267	50,80377	16,4899	3,641146	
17		54,69944							
18		44,13868							
19		30,84163							
20		31,98001							
21		56,31106							
22		45,7503							
CFE		20,14526							
MAD		5,53267							
MSE		50,80377							
MAPE		16,4899							
Trk.Signal		3,641146							
R-square									
		c=4							
		Alpha=0,1							
		Beta=0,2							
		Gamma=0,52							
		F(0)=32							
		T(0)=0							
		S(1)=20							
		S(2)=1							
		S(3)=-3							
		S(4)=-18							

Tabla 38: Pronósticos P1-PAH (Elaboración propia-- software WinQSB)

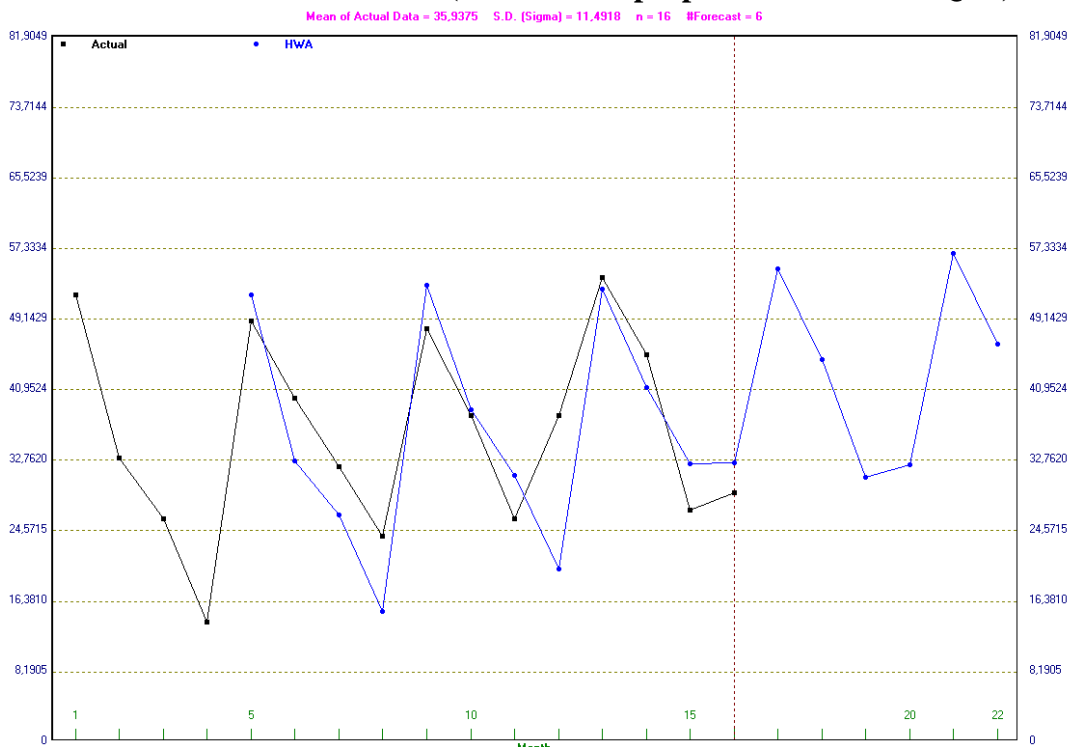


Figura 41: Pronósticos P1-PAH (Elaboración propia-- software WinQSB)

12-02-2011 Month	Actual Data	Forecast by HWA	Forecast Error	CFE	MAD	MSE	MAPE (%)	Trak Sig
1	25							
2	19							
3	20							
4	21	25	-4	-4	4	16	19,04762	
5	25	18,04	6,959999	2,959999	5,48	32,22079	23,44381	0,54
6	23	20,5504	2,449598	5,409597	4,469866	23,48071	19,17935	1,2
7	32	25,6167	6,383295	11,79289	4,948223	27,79714	19,37146	2,3
8	33	23,11868	9,881319	21,67421	5,934842	41,76581	21,48585	3,6
9	25	26,24025	-1,240252	20,43396	5,152411	35,06121	18,73171	3,9
10	30	31,79895	-1,798952	18,63501	4,673345	30,51478	16,91239	3,9
11	26	28,49785	-2,497847	16,13716	4,401408	27,48034	15,99923	3,6
12	33	27,14265	5,857349	21,99451	4,563179	28,23903	16,19371	4,8
13	29	34,0939	-5,093899	16,90061	4,616251	28,00991	16,33086	3,6
14	39	29,95261	9,047394	25,94801	5,019083	32,90495	16,95518	5,
15	38	32,63572	5,364277	31,31228	5,047849	32,56082	16,71863	6,2
16		38,10887						
17		37,82543						
18		38,32434						
19		41,86634						
20		41,5829						
21		42,08181						
CFE		31,31228						
MAD		5,047849						
MSE		32,56082						
MAPE		16,71863						
Trk.Signal		6,203094						
R-square		0,9448537						
		c=3						
		Alpha=0,2						
		Beta=0,2						
		Gamma=0,2						
		F(0)=21,3333						
		T(0)=0						
		S(1)=3,666666						
		S(2)=-2,333334						
		S(3)=-1,333334						

Tabla 39: Pronósticos P2-PAH (Elaboración propia-- software WinQSB)

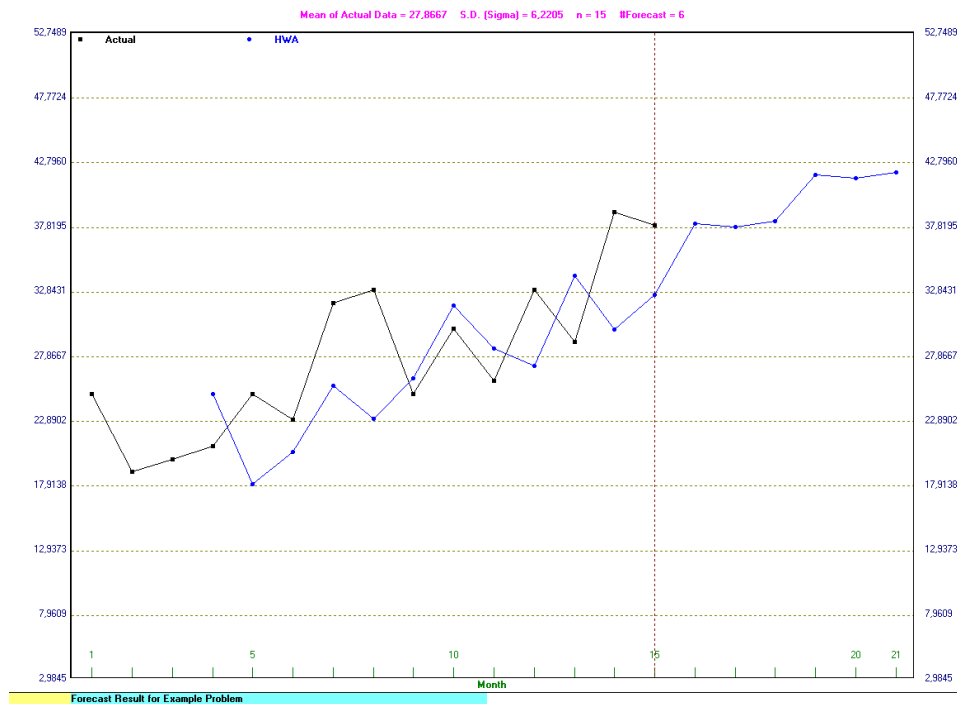


Figura 42: Pronósticos P2-PAH (Elaboración propia-- software WinQSB)

12-02-2011 Month	Actual Data	Forecast by DEST	Forecast Error	CFE	MAD	MSE	MAPE (%)	Track Sigr
1	12							
2	12	12	0	0	0	0	0	
3	13	12	1	1	0,5	0,5	3,846154	
4	9	12,6	-3,6	-2,6	1,533333	4,653334	15,89744	-1,69
5	10	10,53	-0,5300007	-3,130001	1,2825	3,560226	13,24808	-2,44
6	14	9,978	4,022	0,8919992	1,8304	6,083478	16,34418	0,487
7	12	12,1095	-0,1094999	0,7824993	1,543584	5,071563	13,77223	0,506
8	20	12,12408	7,87592	8,65842	2,448203	13,2085	17,43043	3,53
9	20	16,92006	3,079945	11,73836	2,527171	12,74319	17,17659	4,64
10	22	19,54728	2,452719	14,19108	2,518898	11,99571	16,50683	5,63
11	23	22,07537	0,9246349	15,11572	2,359472	10,88163	15,25816	6,40
12	19	23,90734	-4,907345	10,20837	2,591097	12,08167	16,21907	3,93
13	31	22,32335	8,676647	18,88502	3,098226	17,34855	17,19991	6,09
14	21	28,44809	-7,448093	11,43693	3,432831	20,28128	18,60508	3,33
15	19	25,67889	-6,678888	4,758039	3,664692	22,01887	19,787	1,29
16	22	22,70088	-0,7008781	4,057161	3,467105	20,5837	18,68026	1,17
17	29	22,70858	6,291424	10,34859	3,643625	21,77109	18,86865	2,8
18		26,84857						
19		27,77995						
20		28,71132						
21		29,64269						
22		30,57406						
23		31,50543						
CFE		10,34859						
MAD		3,643625						
MSE		21,77109						
MAPE		18,86865						
Trk. Signal		2,84019						
R-square		0,9403877						
		Alpha=0,3						
		F(0)=12						
		F'(0)=12						

Tabla 40: Pronósticos P4-PAH (Elaboración propia-- software WinQSB)

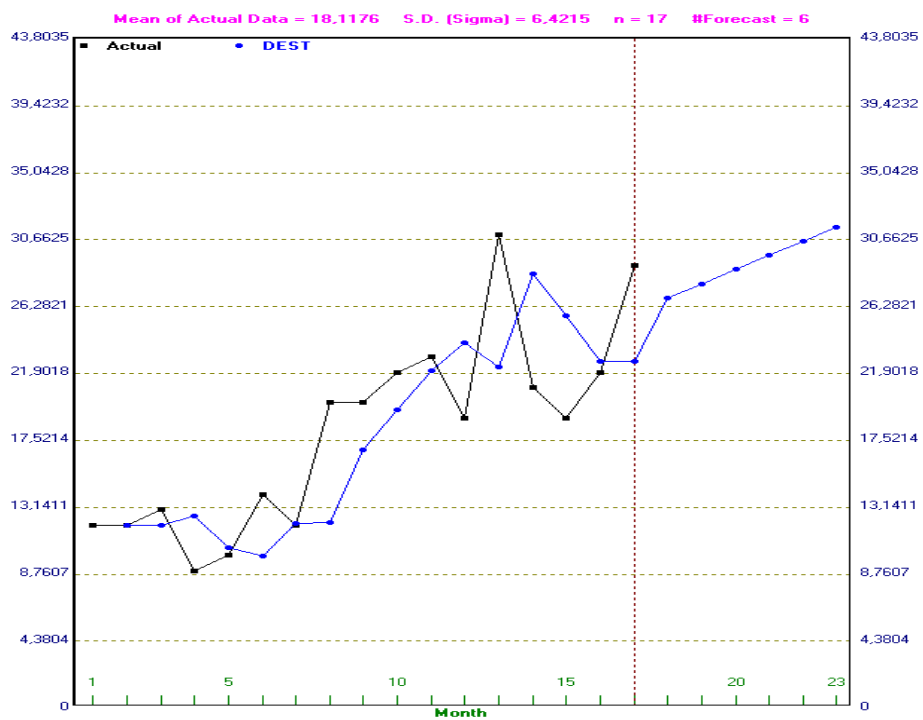


Figura 43: Pronóstico P4-PAH (Elaboración propia- software WinQSB)

12-02-2011 Month	Actual Data	Forecast by DEST	Forecast Error	CFE	MAD	MSE	MAPE (%)	Trak Sigr
1	13							
2	15	13	2	2	2	4	13,33333	
3	13	13,8	-0,7999992	1,200001	1,4	2,319999	9,743587	0,857
4	13	13,56	-0,5599995	0,6400013	1,12	1,651199	7,93162	0,5
5	15	13,384	1,616001	2,256002	1,244	1,891264	8,642051	1,81
6	13	14,056	-1,056	1,200003	1,2064	1,736039	8,538256	0,994
7	14	13,72384	0,2761612	1,476164	1,05136	1,45941	7,443976	1,40
8	13	13,8823	-0,8823032	0,5938606	1,027209	1,362131	7,350115	0,578
9	18	13,58843	4,411572	5,005433	1,450255	3,624611	9,494943	3,45
10	17	15,37681	1,623189	6,628622	1,46947	3,514626	9,500857	4,51
11	14	16,2263	-2,226303	4,402319	1,545153	3,658806	10,14099	2,84
12	12	15,60093	-3,600927	0,8013916	1,732041	4,504976	11,94705	0,462
13	16	14,33665	1,663351	2,464743	1,726317	4,360123	11,8178	1,42
14	21	15,03404	5,965956	8,430698	2,052443	6,762623	13,09407	4,1
15	14	17,51902	-3,519016	4,911682	2,157198	7,164113	13,95419	2,2
16	24	16,44864	7,551363	12,46305	2,51681	10,48804	15,12152	4,95
17		19,66565						
18		20,16417						
19		20,66269						
20		21,16121						
21		21,65974						
22		22,15826						
CFE		12,46305						
MAD		2,51681						
MSE		10,48804						
MAPE		15,12152						
Trk.Signal		4,951922						
R-square		0,2256689						
		Alpha=0,2						
		F(0)=13						
		F'(0)=13						

Tabla 41: Pronósticos P5-PAH (Elaboración propia- software WinQSB)

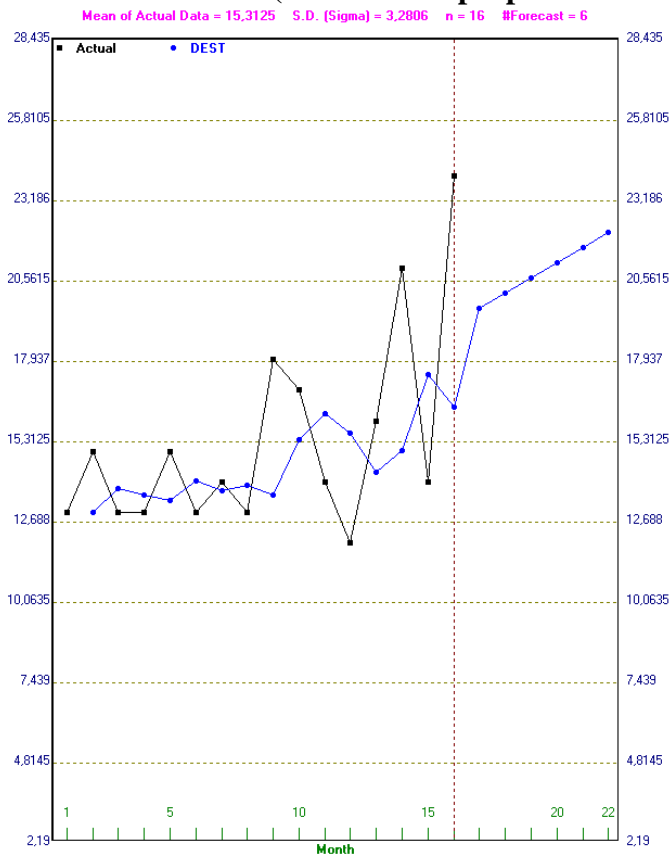


Figura 44: Pronósticos P5-PAH (Elaboración propia- software WinQSB)

12-02-2011 Month	Actual Data	Forecast by HWA	Forecast Error	CFE	MAD	MSE	MAPE (%)
1	22						
2	8						
3	11						
4	22	22	0	0	0	0	0
5	8	8	0	0	0	0	0
6	20	11	9	9	3	27	15
7	21	24,16	-3,16	5,84	3,04	22,7464	15,0119
8	9	9,7616	-0,7615995	5,078401	2,58432	10,31313	13,70197
9	15	14,25242	0,7475843	5,825985	2,278197	15,35409	12,24895
10	21	23,68937	-2,689371	3,136614	2,336936	14,19389	12,32861
11	7	9,660706	-2,660706	0,4759083	2,377408	13,30457	15,53879
12	16	13,82907	2,17093	2,646838	2,354465	12,34995	15,31985
13	24	22,87362	1,126383	3,773221	2,231657	11,24183	14,25719
14	8	9,638153	-1,638153	2,135068	2,177702	10,4638	14,82262
15	9	14,85046	-5,850456	-3,715388	2,483765	12,44414	19,00449
16	22	21,86911	0,1308899	-3,584498	2,302775	11,48821	17,58837
17		7,697913					
18		12,3351					
19		21,48609					
20		7,267773					
21		11,90495					
22		21,05595					
CFE		-3,584498					
MAD		2,302775					
MSE		11,48821					
MAPE		17,58837					
Trk.Signal		-1,5566					
R-square		0,91006					
		c=3					
		Alpha=0,2					
		Beta=0,2					
		Gamma=0,2					
		F(0)=13,6667					
		T(0)=0					
		S(1)=-8,333333					
		S(2)=-5,666667					
		c(1)=-2,666667					

Tabla 42: Pronósticos P7-PAH (Elaboración propia- software WinQSB)

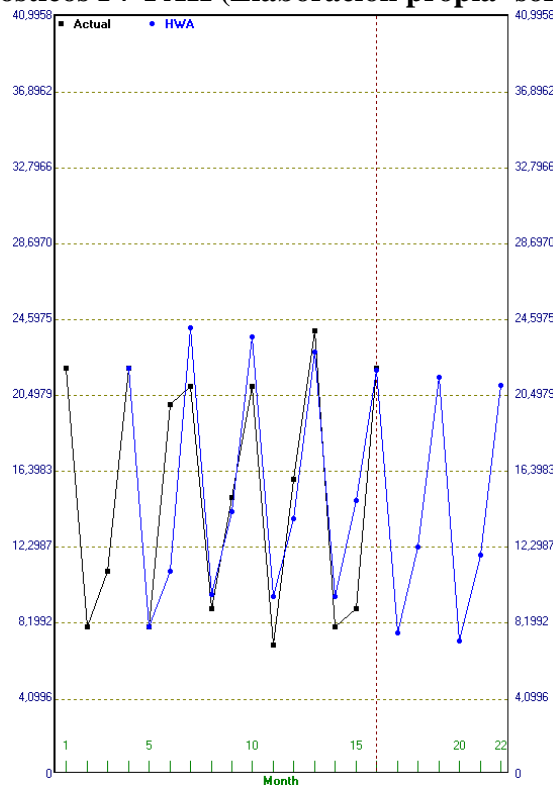


Figura 45: Pronósticos P7-PAH (Elaboración propia-- software WinQSB)

12-02-2011 Month	Actual Data	Forecast by HWA	Forecast Error	CFE	MAD	MSE	MAPE (%)	Tra Si
1	16							
2	11							
3	10							
4	23							
5	12	16	-4	-4	4	16	33,33333	
6	17	10,4	6,599999	2,599999	5,3	29,78	36,07843	0
7	8	10,19	-2,190001	0,4099989	4,263333	21,45203	33,17729	9,616
8	11	22,9915	-11,9915	-11,5815	6,195375	52,03805	52,13638	-1
9	12	14,17728	-2,177276	-13,75878	5,391756	42,57854	45,3379	-2
10	19	8,36701	10,63299	-3,125788	6,265295	54,32553	47,10876	-0,1
11	6	8,19491	-2,19491	-5,320698	5,683811	47,25298	45,60492	-0,1
12	16	20,62117	-4,62117	-9,941868	5,550981	44,01575	43,5146	-1
13	18	12,71429	5,285711	-4,656157	5,521506	42,22942	41,94242	-0,1
14	6	8,220745	-2,220745	-6,876902	5,19143	38,49965	41,44942	-1
15	9	6,460265	2,539735	-4,337166	4,950367	35,58607	40,24668	-0,1
16	17	19,38733	-2,387329	-6,724495	4,736781	33,09551	38,06305	-1
17		11,95386						
18		6,760772						
19		5,27283						
20		17,78221						
21		10,60896						
22		5,415874						
CFE		-6,724495						
MAD		4,736781						
MSE		33,09551						
MAPE		38,06305						
Trk. Signal		-1,419634						
R-square								
		c=4						
		Alpha=0,1						
		Beta=0,5						
		Gamma=0,01						
		F(0)=15						
		T(0)=0						
		S(1)=1						
		S(2)=-4						
		S(3)=-5						
		S(4)=8						

Tabla 43: Pronósticos P8-PAH (Elaboración propia- software WinQSB)

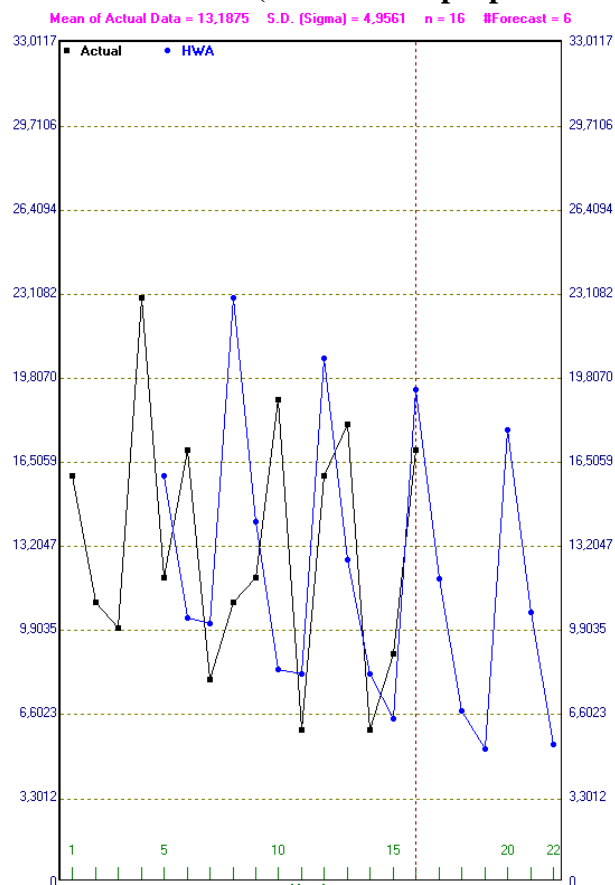


Figura 46: Pronósticos P8-PAH (Elaboración propia- software WinQSB)

12-02-2011 Month	Actual Data	Forecast by SES	Forecast Error	CFE	MAD	MSE	MAPE [%] ▲
6	5	4,8	0,1999998	-0,8000002	0,24	0,208	5,79999
7	5	4,84	0,1599998	-0,6400003	0,2266666	0,1776	5,36666
8	5	4,872	0,1279998	-0,5120006	0,2125714	0,1545691	4,96571
9	5	4,8976	0,1023998	-0,4096007	0,1987999	0,1365587	4,60099
10	6	4,91808	1,08192	0,6723189	0,2969243	0,2514466	6,09333
11	6	5,134464	0,8655357	1,537855	0,3537855	0,3012172	6,92655
12	6	5,307571	0,6924286	2,230283	0,3845712	0,3174208	7,34600
13	7	5,446057	1,553943	3,784226	0,4820188	0,4921972	8,58376
14	6	5,756846	0,243154	4,02738	0,4636446	0,4588839	8,23521
15	6	5,805477	0,1945233	4,221903	0,4444217	0,4288093	7,87856
16	5	5,844381	-0,8443813	3,377522	0,4710856	0,447754	8,47916
17	5	5,675505	-0,6755052	2,702017	0,4838619	0,4482886	8,79359
18	6	5,540404	0,4595957	3,161613	0,4824345	0,4343438	8,72691
19	7	5,632323	1,367677	4,529289	0,5316145	0,5141325	9,32754
20	6	5,905859	9,414148E-02	4,623431	0,5085897	0,4875394	8,91919
21	6	5,924687	7,531309E-02	4,698744	0,4869259	0,463446	8,53
22	7	5,93975	1,06025	5,758994	0,514227	0,4949072	8,85078
23	6	6,1518	-0,1517997	5,607194	0,4977531	0,4734588	8,56347
24	5	6,12144	-1,12144	4,485754	0,5248699	0,5075531	9,16631
25	6	5,897152	0,1028481	4,588603	0,5072857	0,4868458	8,85580
26	7	5,917722	1,082278	5,670881	0,5302854	0,514225	9,1200
27	6	6,134177	-0,1341772	5,536704	0,5150504	0,4951396	8,85526
28	7	6,107342	0,8926582	6,429362	0,5290359	0,5063136	8,99959
29	6	6,285873	-0,2858734	6,143488	0,5203515	0,4911497	8,84834
30	6	6,228699	-0,2286987	5,91479	0,5102945	0,476017	8,67466
31	5	6,182959	-1,182959	4,731831	0,5327167	0,5067962	9,17414
32	6	5,946367	5,363274E-02	4,785463	0,5172623	0,4905407	8,90704
33	6	5,957094	4,290628E-02	4,82837	0,5024387	0,4752689	8,65104
34		5,965675					
35		5,965675					
36		5,965675					
37		5,965675					
38		5,965675					
39		5,965675					
CFE		4,82837					
MAD		0,5024387					
MSE		0,4752689					
MAPE		8,651045					
Trk.Signal		9,609868					
R-square		0,4673907					
		Alpha=0.2					
		FIM=5					

Tabla 44: Pronósticos P9-PAH (Elaboración propia- software WinQSB)

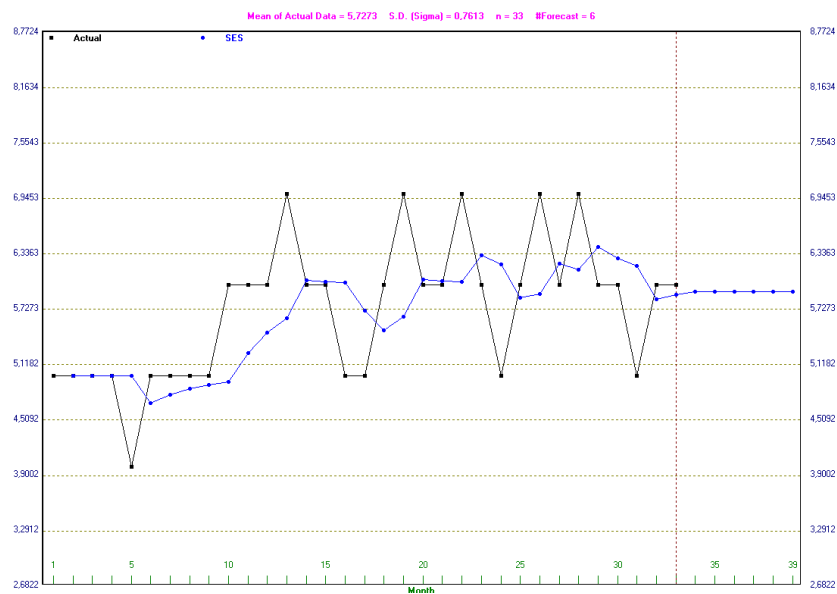


Figura 47: Pronósticos P9-PAH (Elaboración propia- software WinQSB)

Anexo 12: Layout propuesto para cámaras de refrigeración

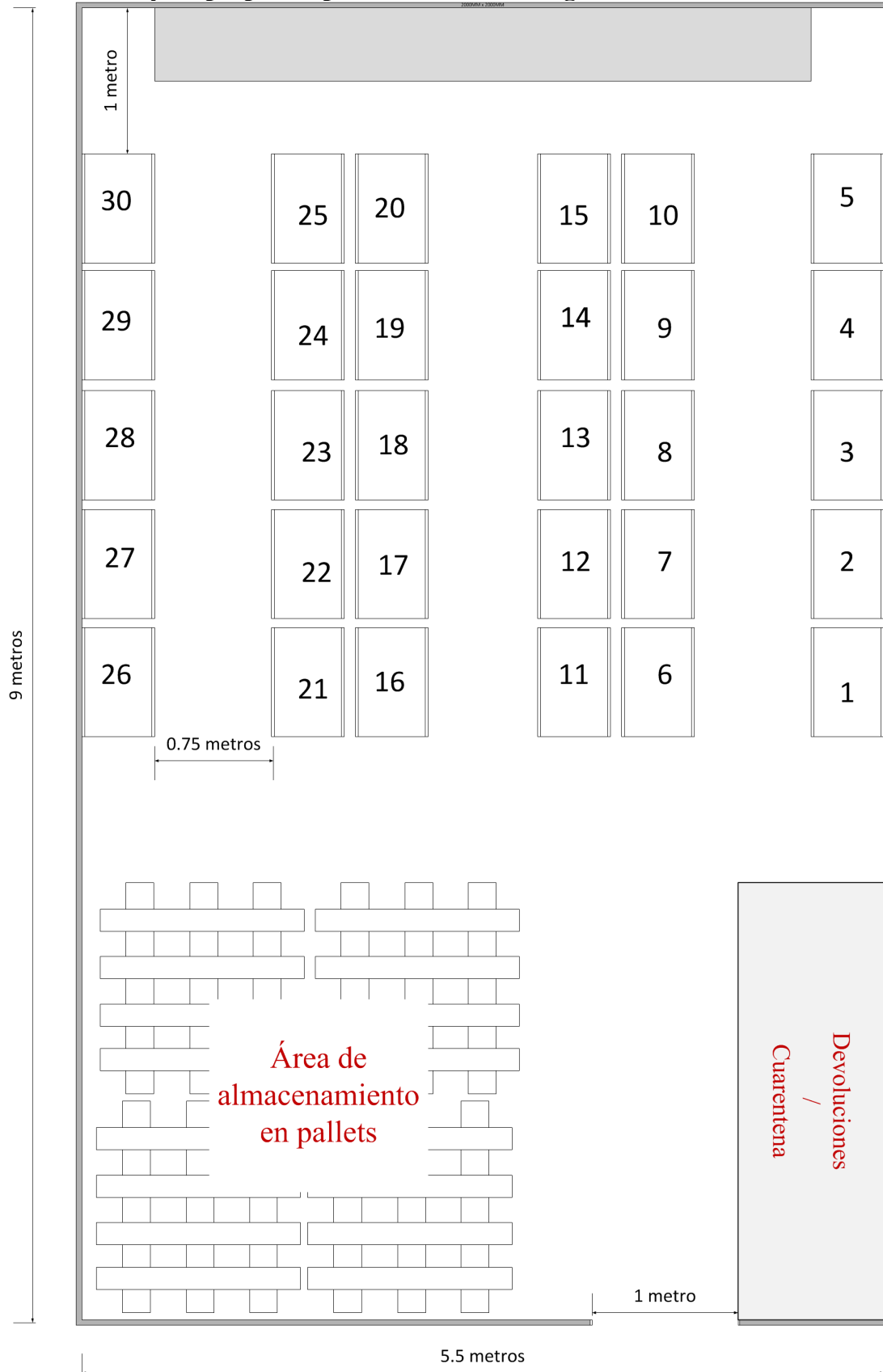


Figura 48: Layout cámara de refrigeración WBB propuesta (Elaboración propia)

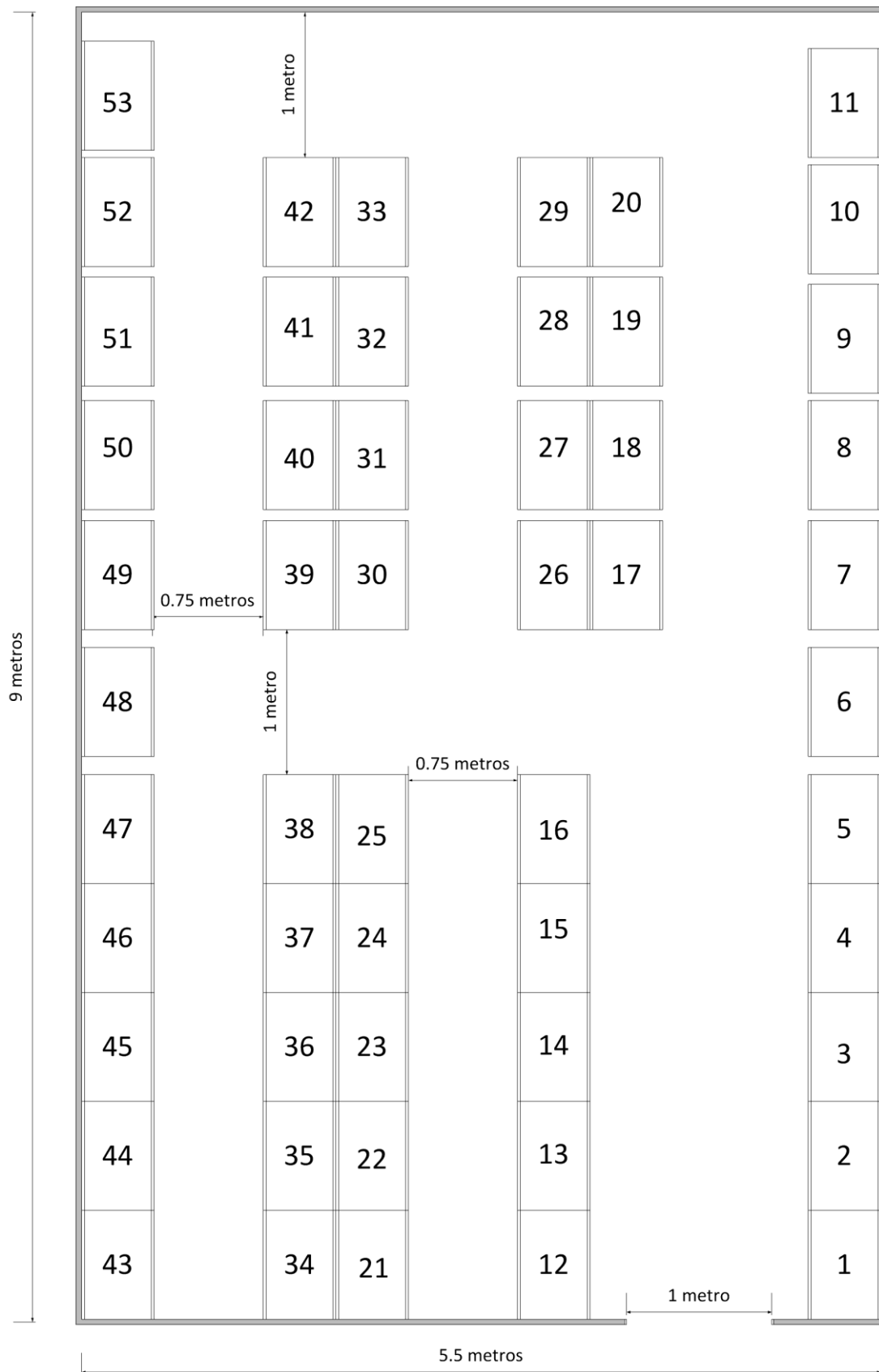


Figura 49: Layout cámara de refrigeración PAH propuesto (Elaboración propia)

Anexo 13: Clasificación de productos dentro de las cámaras de refrigeración

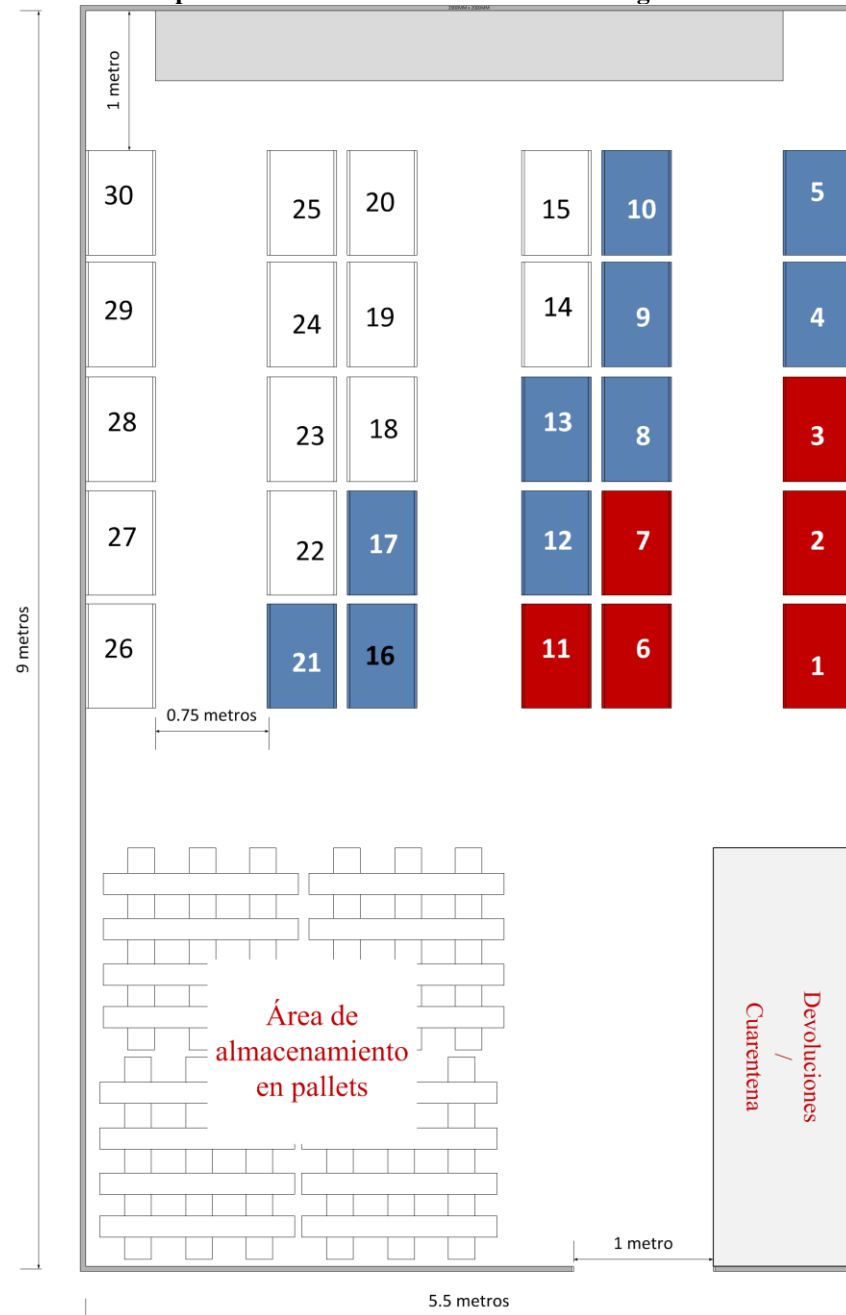


Figura 50: Almacenamiento de productos en cámara WBB (Elaboración propia)

Leyenda:

- Espacio en rojo: espacio destinado para productos A
- Espacio azul: destinado a productos tipo B
- Espacio en blanco: productos C

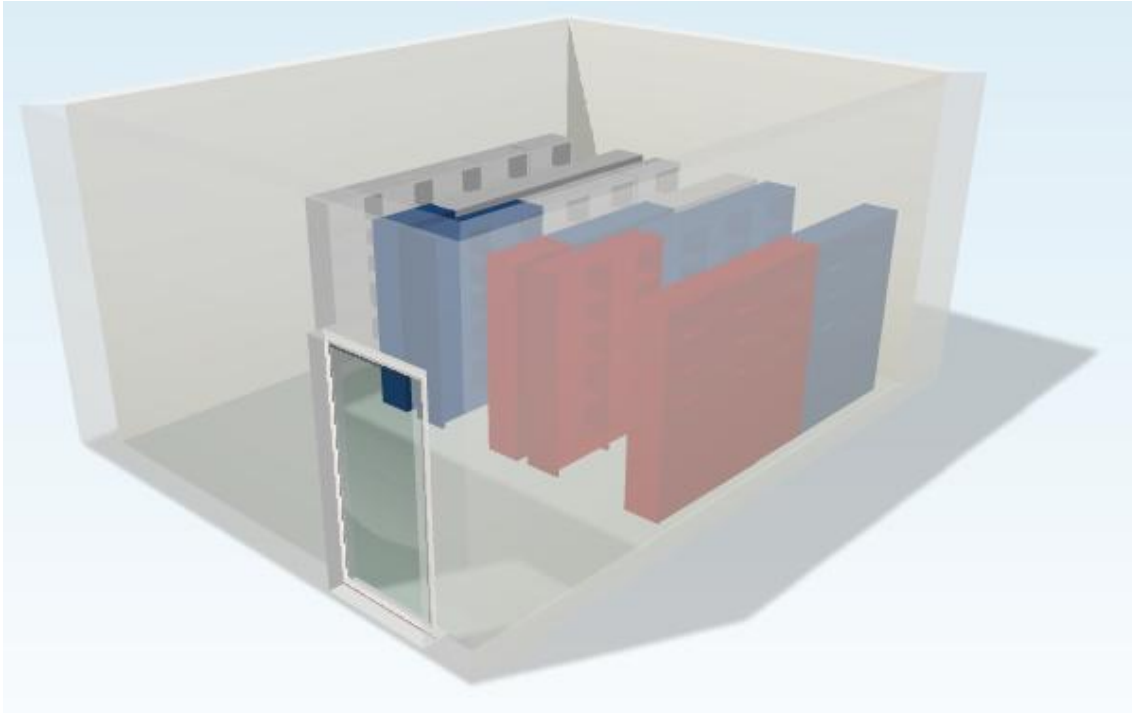


Ilustración 15: Layout 3D de la cámara WBB y estanterías destinadas a cada nivel de producto (Elaboración propia)

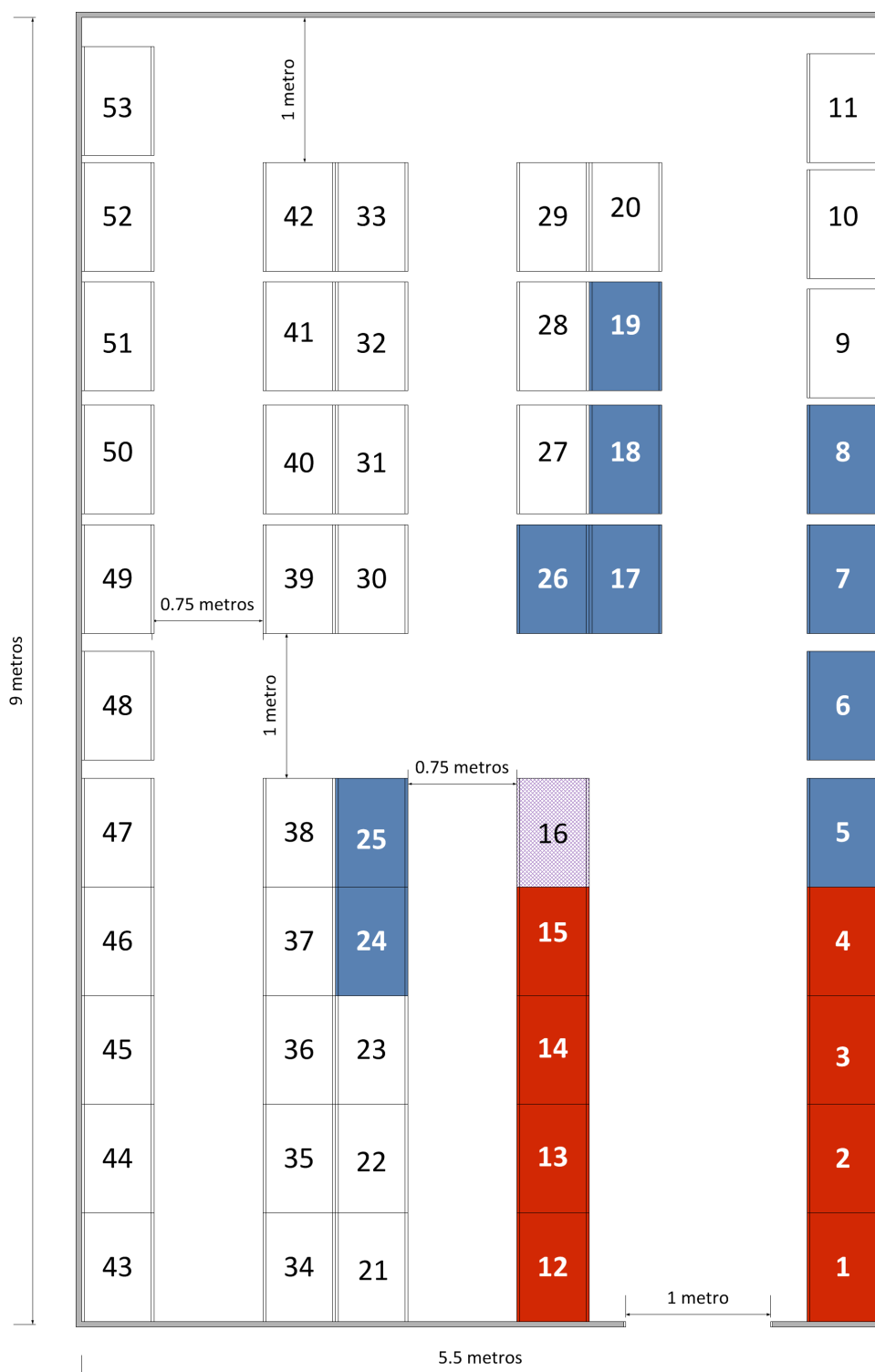


Figura 51: Almacenamiento de productos dentro de la cámara PAH (Elaboración propia)

Leyenda:

- Espacio en rojo: espacio destinado para productos A
- Espacio azul: destinado a productos tipo B
- Espacio en blanco: productos C

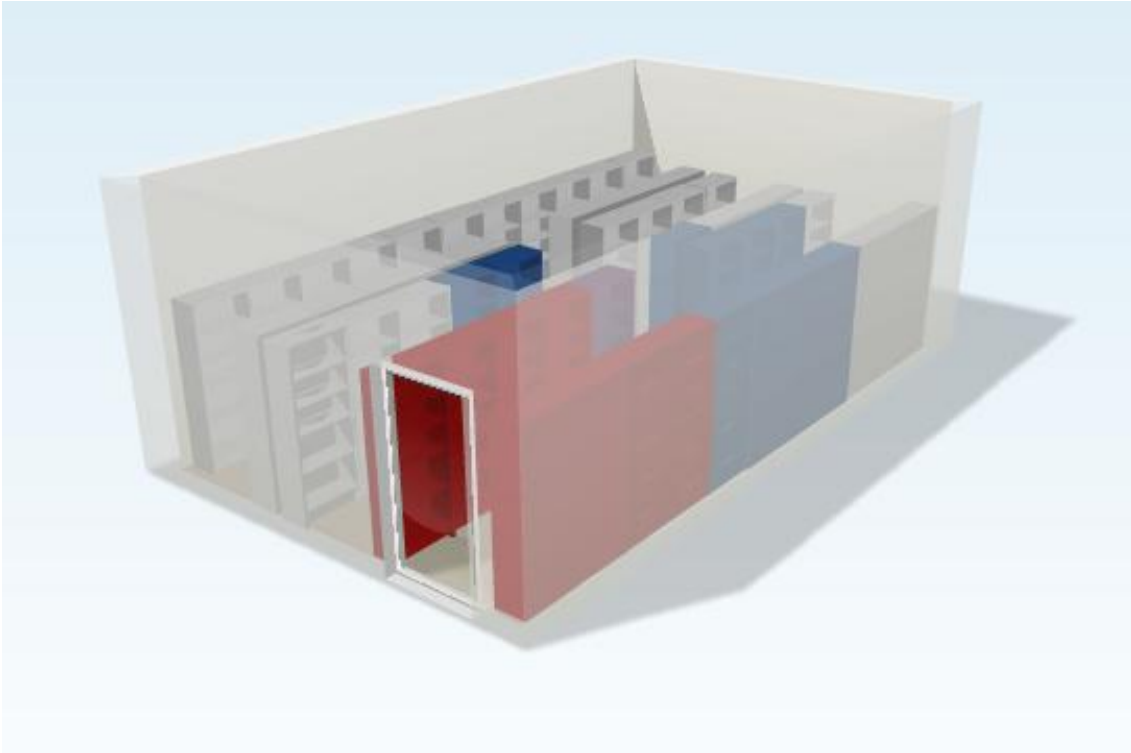


Ilustración 16: Layout 3D para cámara PAH y estanterías destinadas a cada grupo de productos (Elaboración propia)

Anexo 14: Project Chárter

PROPUESTA DE PLAN OPERACIONAL
Automatización de la Gestión de Bodega mediante el uso de codificación EPC/RFID
Planificación del Programa

Producto Involucrado	Automatización de la Bodega Pfizer-ILS Corporation de Quito mediante el uso de codificación EPC/RFID en productos de cadena de frío.	Costo del proyecto	\$84 034.00
Grupo Coordinador	Daniela Tejada Vahid Masrouir	Información de Contacto	daniela.tejada@pfizer.com vahid@inveigent.com
Responsables del proyecto	GLS Pfizer	Fecha de Inicio	16 de Enero 2012
		Fecha de Finalización	30 de Abril del 2012

Descripción general del proyecto	En el marco de una iniciativa por mejorar los sistemas de administración de los productos de cadena de frío de la bodega Pfizer-ILS Corporation Quito se busca incorporar el uso de codificación EPC/RFID que faciliten la trazabilidad y visibilidad de estos bienes durante los procesos de recepción, almacenamiento y despacho.	
Estructuración de la implementación	Modalidad	La instalación del hardware y software requerido para el desempeño del proyecto se logrará mediante la contratación de los servicios de un proveedor mientras que la coordinación se logrará conjuntamente entre Pfizer e ILS Corporation.
	Duración	El proyecto se puede dividir en tres fases: 1. Desarrollo de software: Esta primera fase se concentra en conectar la base de datos existente de la empresa con el software diseñado expresamente para el control de las operaciones a implementarse. Es necesario esta unión para un óptimo manejo de los sistemas de códigos de barra. (aproximadamente 1 mes) 2. Implementación del sistema y software Se procederá con la instalación del hardware y la implementación del sistema en procesos de recepción, despachos y transporte. (aproximadamente 1 mes) 3. Capacitación y mantenimiento Es necesario que se instruya al personal en su totalidad tanto en los nuevos procesos como en el funcionamiento del sistema. El mantenimiento del método se realizará de manera controlada y mensual (aproximadamente 1 mes) Previo a estas fases de implementación se deben adquirir las aprobaciones necesarias y considerar el tiempo de firma del contrato con el proveedor.
	Demanda	Se cubrirá la totalidad de productos de cadena de frío tanto de la rama de veterinaria como de salud humana.
Recursos del proyecto	Recursos humanos	Para la ejecución del proyecto se contará con el soporte del área de sistemas del operador logístico ILS Corporation, así como el personal destinado por el proveedor para el desarrollo del software necesario. La coordinación del proyecto estará a cargo de Daniela Tejada (ILS Corporation-Pfizer) y Vahid Masrouir (Inveigent)
	Soporte tecnológico	Es necesario desarrollar un módulo base de comunicación para diseño de base de datos, interfaz con base de datos y que sea el motor administrador de las tareas. Así como la impresión de las etiquetas codificadas y los equipos requeridos para su interpretación y lectura. Además es necesario considerar un punto de acceso Cisco a nivel de bodega y un ordenador disponible para la codificación e impresión de los códigos de barra.
Ejecución del proyecto	Calendario y asignación de tareas	Se ha incluido al plan de implementación tanto el calendario de actividades como las responsabilidades propuestas.
	Costo	El proveedor considera que el presente proyecto alcanzará un monto de alrededor de 84 034 dólares americanos, monto que puede variar de acuerdo al requerimiento de hardware para el desempeño del proyecto.

Tabla 45: Project Chárter para proyecto de uso de códigos de barra en productos de cadena de frío (Elaboración propia- Propuesta técnica (Masrouir))

Anexo 15: Descripción de alcances de cada fase del proyecto

Declaración del Alcance de la fase 1 del proyecto

Entregable final 1	Descripción	Criterios de Aceptación
1. Desarrollo e Instalación de software requerido	-Modulo Base de comunicación que permita el intercambio sencillo de la información requerida para el uso y programación de codigos de barra	- El modulo base debe componerse de una interfaz que permita la comunicación con la base de datos actuales de Pfizer y la transferencia de información
Sub entregables	Descripción	Criterios de Aceptación
1.1 Requerimientos para programación	-Análisis de las necesidades en cuanto a información para el manejo de codigos de barra -Depuración y actualización de datos disponibles	- El análisis se hara de manera global e interdepartamental para obtener la información necesaria
1.2 Desarrollo de software de comunicación	- Ejecución de la solución informática en colaboración con el proveedor, respetando los requerimientos de la operación	- Debe existir una interfaz disponible para comunicación con datos d Pfizer e ILS Corporation para transferencia de información de productos - Describir la Administración de usuarios y sus perfiles asociados
1.3 Transferencia de información necesaria	- Comunicación de la información disponible al nuevo software desarrollado	- La comunicación debe ser tratada con total confidencialidad y mantener la base actualizada para minimizar errores
1.4 Determinación de reportes necesarios y programación	- Se requiere establecer que tipos de reportes se elaborarán con ayuda del software actualizado. - Los reportes en formato web serán de trazabilidad de productos y resumirán: movimientos, responsables, estados y tiempo.	- Los reportes se pueden realizar de manera automática mediante la exploración de la información recolectada por el software
1.5 Pruebas de impresión e interpretación de codigos de barra bidimensionales	- Impresión de codigos de barra con la información requerida, pruebas de lectura con posibles hardware a utilizarse y reportar la decodificación de la información almacenada	- Las pruebas deber ser correctas tanto a nivel de codificación como al interpretar las lecturas de las etiquetas

Tabla 46: Definición de alcance de la Fase 1 del proyecto (Elaboración propia)

Declaración del Alcance de la fase 2 del proyecto

Entregable final 2	Descripción	Criterios de Aceptación
2.Implementación del sistema y del hardware	<ul style="list-style-type: none"> - Se procederá con implementación del hardware necesario (Impresoras y lectores) - El enfoque será para procesos de recepción, almacenamiento y despacho 	<ul style="list-style-type: none"> - Estar en acorde con el manejo operacional diario de los productos. '- Tener en cuenta una ubicación óptima de las impresoras '- Mantener una visibilidad del inventario en etiquetas
Sub entregables	Descripción	Criterios de Aceptación
2.1 Recepción de hardware	<ul style="list-style-type: none"> - Se debe buscar la cantidad y tipo de lectores e impresoras que esten en acorde con las exigencias del sistema 	<ul style="list-style-type: none"> - Mantener el proyecto dentro del presupuesto establecido -Permitir la lectura rápida de los bultos - Resistir condiciones climáticas de productos de cadena de frío
2.2 Cambios en procesos operacionales	<ul style="list-style-type: none"> - Actualizar los procesos operativos actuales incluyendo o remplazando aquellas actividades que se realizaran de manera automática gracias a los códigos de barra 	<ul style="list-style-type: none"> - Dichos cambios deberán ser aprobados y firmados por el área de Calidad de Pfizer - Definir responsables de cada etapa en la colocación, manejo y lectura de las etiquetas
2.3 Actividades en recepción	<ul style="list-style-type: none"> - Incluir la información necesaria para administración de productos, desde su llegada - Codificar los productos gracias a la documentación manejada. - Diferenciar la ubicación de cada producto 	<ul style="list-style-type: none"> - Los procesos de automatización no deben variar extremadamente las actividades de recepción actuales solo facilitar su desempeño
2.4 Actividades en despachos	<ul style="list-style-type: none"> - Validar el picking gracias a codigos de barra - Etiquetar cada bulto con los productos contenidos 	<ul style="list-style-type: none"> - La codificación del bulto debe colocarse en un lugar visible que permita su lectura rápida

Tabla 47: Definición de alcance de la Fase 2 del proyecto (Elaboración propia)

Declaración del Alcance de la fase 3 del proyecto

Entregable final 3	Descripción	Criterios de Aceptación
3. Capacitación y mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> - El sistema deberá ser de conocimiento general de los operadores relacionados a cadena de frío - El mantenimiento deberá ser mensual 	<ul style="list-style-type: none"> - La capacitación a personal tanto administrativo como operacional deberá registrarse en en formato correspondiente - El mantenimiento debe estar incluido en el contrato firmado con el proveedor
Sub entregables	Descripción	Criterios de Aceptación
3.1 Formatos de Calificación	- El momento de la capacitación general debe llenarse dichos formularios con la firma de todos los participantes	- Cumplimiento total de la capacitación de uso tanto de lectores como para la impresión, colocación y manejo de las etiquetas
3.2 Contrato de mantenimiento con proveedor	- Finalizado el contrato de instalación se deben especificar los criterios del mantenimiento	- Garantizar periodicidad, responsable, snaciones, etc

Tabla 48: Definición de alcance de la Fase 3 del proyecto (Elaboración propia)

Declaración del Alcance de la administración del proyecto

Entregable final 4	Descripción	Criterios de Aceptación
4. Administración Profesional del Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> - Proyecto completo a tiempo, en costo y en calidad - Información de todo el proceso del proyecto, bases de datos, reporte final 	<ul style="list-style-type: none"> - Documentación completa de todo el proceso de acuerdo respeta alcance, tiempo, costo, calidad, RRHH, comunicación, riesgo, Abastecimientos, integración - Evaluación final del proyecto con más del 85% cumplido
Sub entregables	Descripción	Criterios de Aceptación
4.1 Charter del proyecto	Documento de inicio del proyecto	Documento completo, actualizado y firmado por el responsable del proyecto
4.2 Plan del proyecto	Documento de planeación de todo el proyecto	Documento con la información total de la planeación del desempeño del proyecto a lo largo del tiempo
4.3 Archivos y reportes del proyecto	Documento de todo el proceso del proyecto	Se emitiran reportes mensuales del avance del proyecto, así como un reporte final 10 días después de terminada la última fase

Tabla 49: Definición de alcance de la Fase de planificación y administración del proyecto (Elaboración propia)

Anexo 16: WBS del proyecto

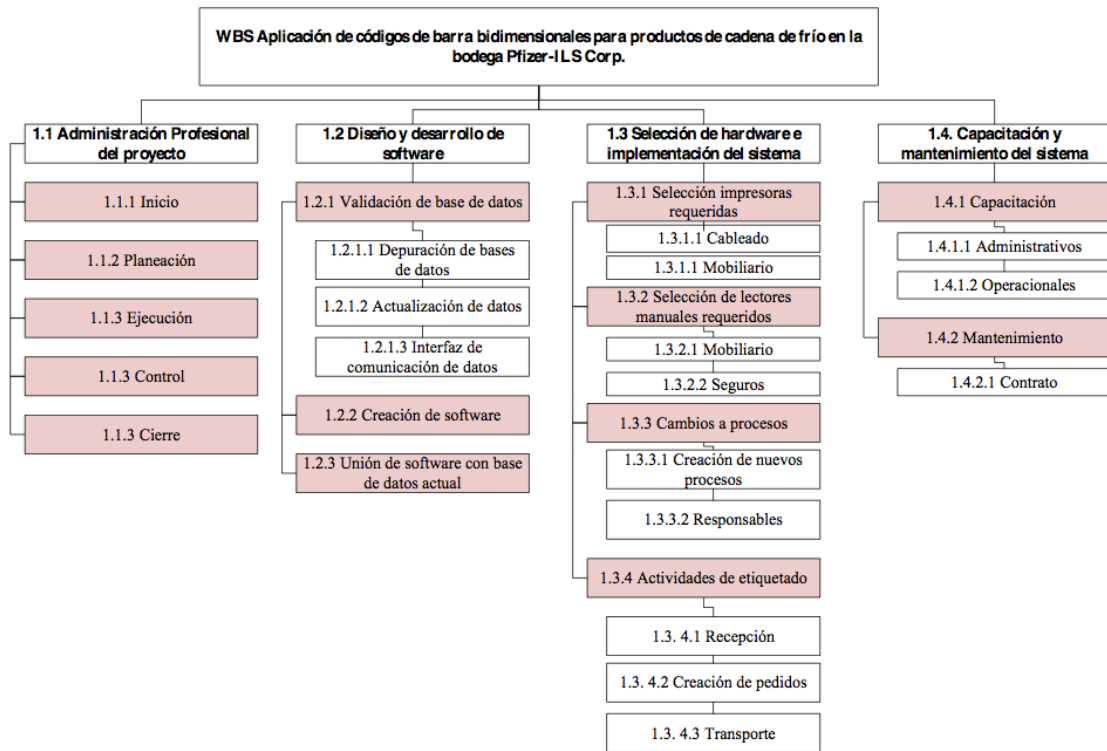


Ilustración 17: WBS del plan de proyecto (Elaboración propia)

Anexo 17: Modelo de Simulación para procesos considerados en el análisis

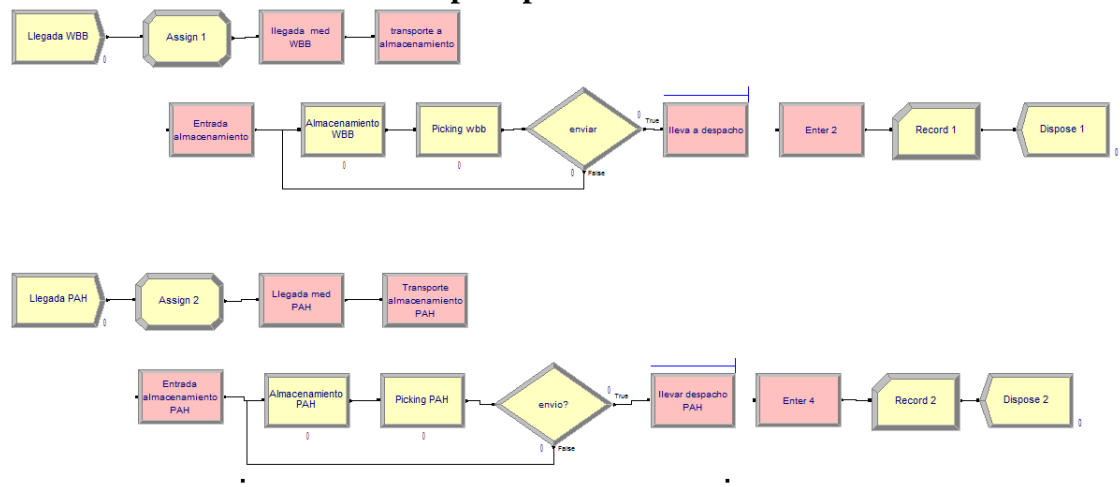


Figura 52: Modelo de simulación previo a la corrida del mismo (Elaboración propia- software Arena ®)

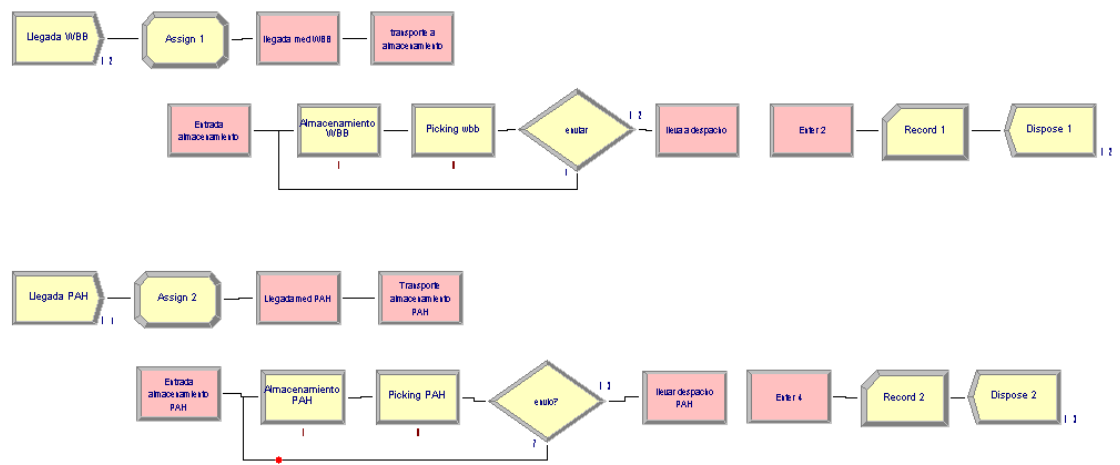


Figura 53: Modelo de simulación durante la corrida del mismo (Elaboración propia- software Arena ®)

Anexo 18: Animaciones de la simulación en tiempos diferentes

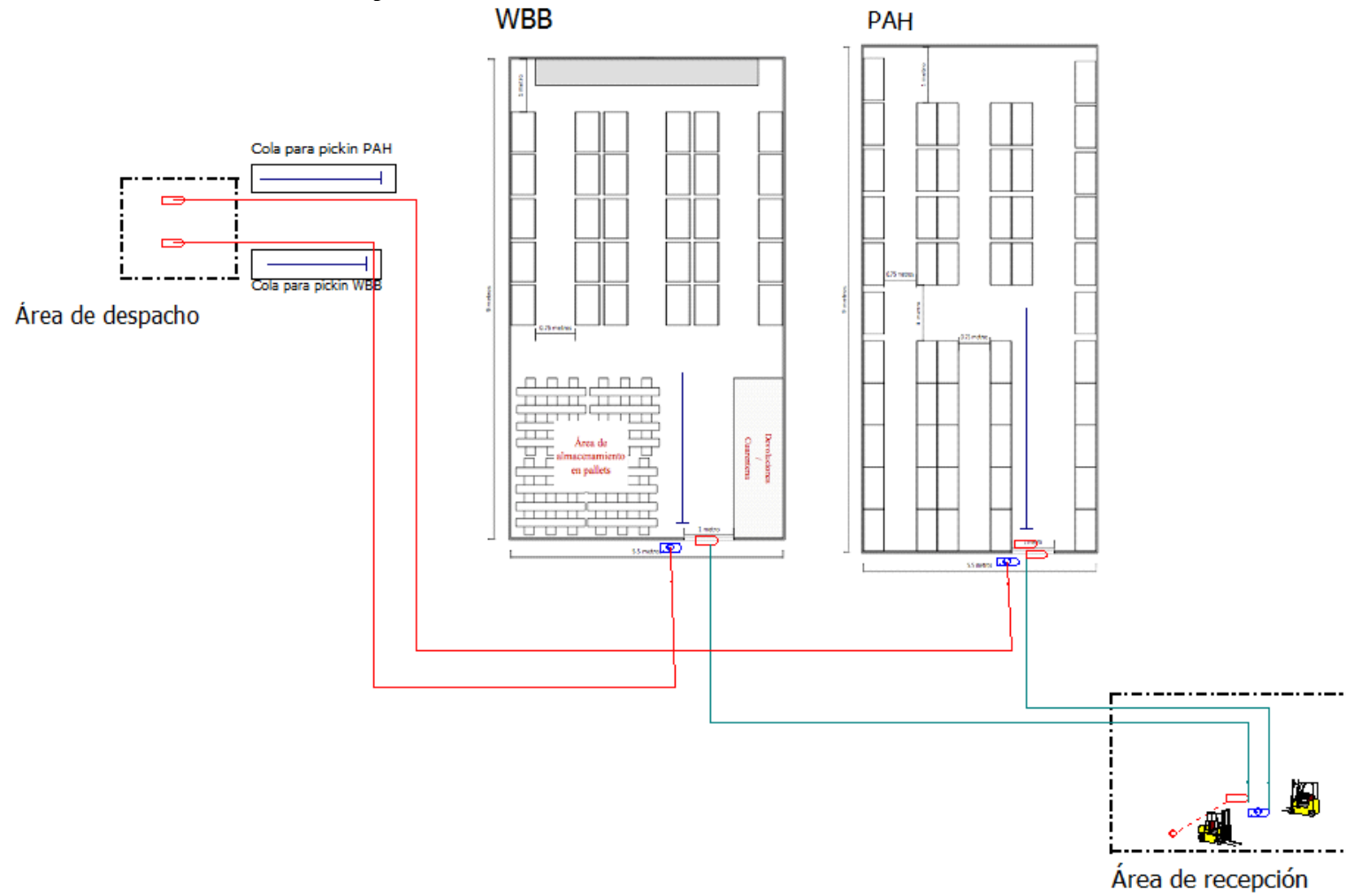


Ilustración 18: Animación de la simulación previa a la corrida del modelo (Elaboración propia)

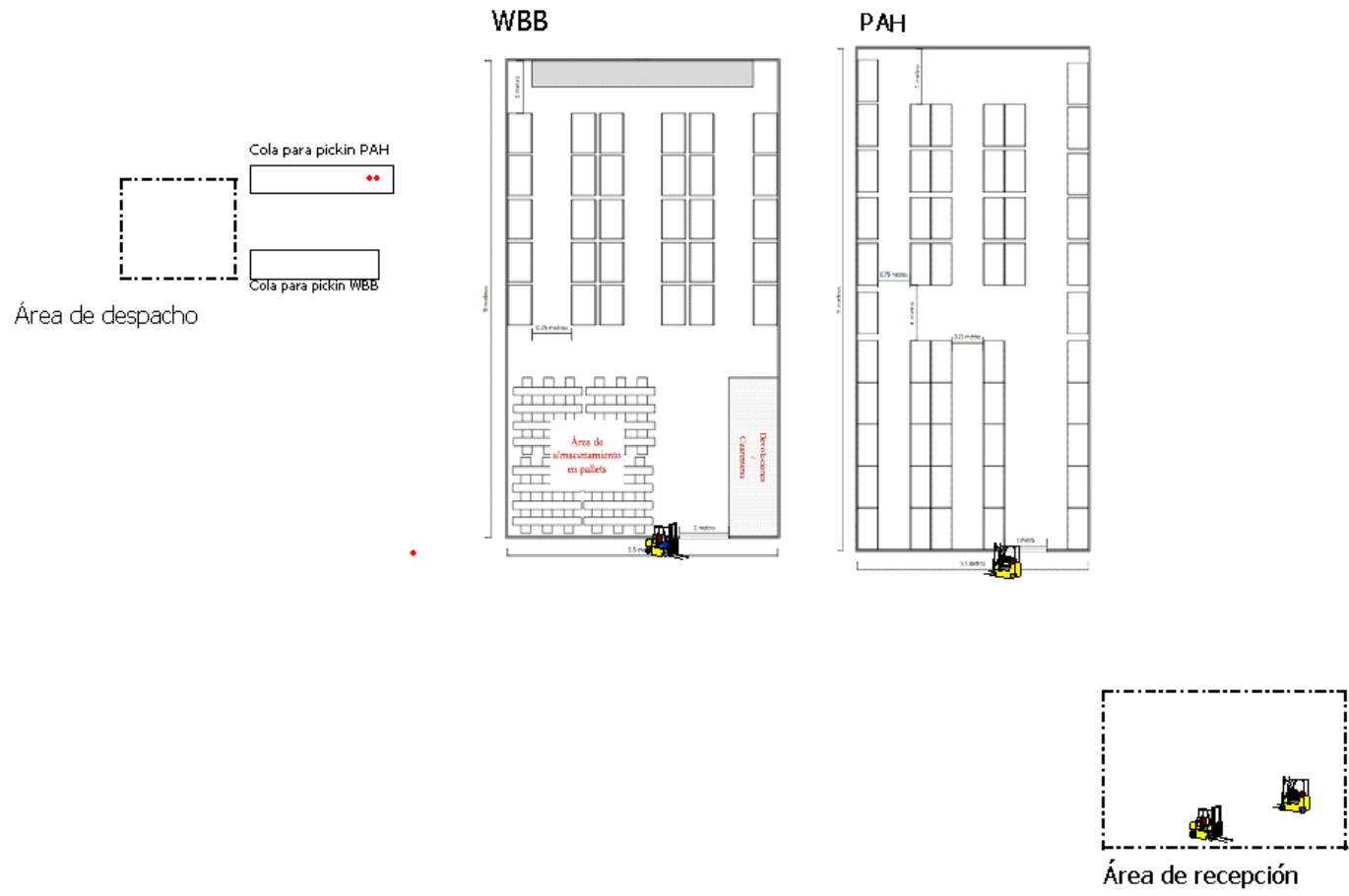


Ilustración 19: Animación de la simulación durante la corrida del modelo (Elaboración propia)

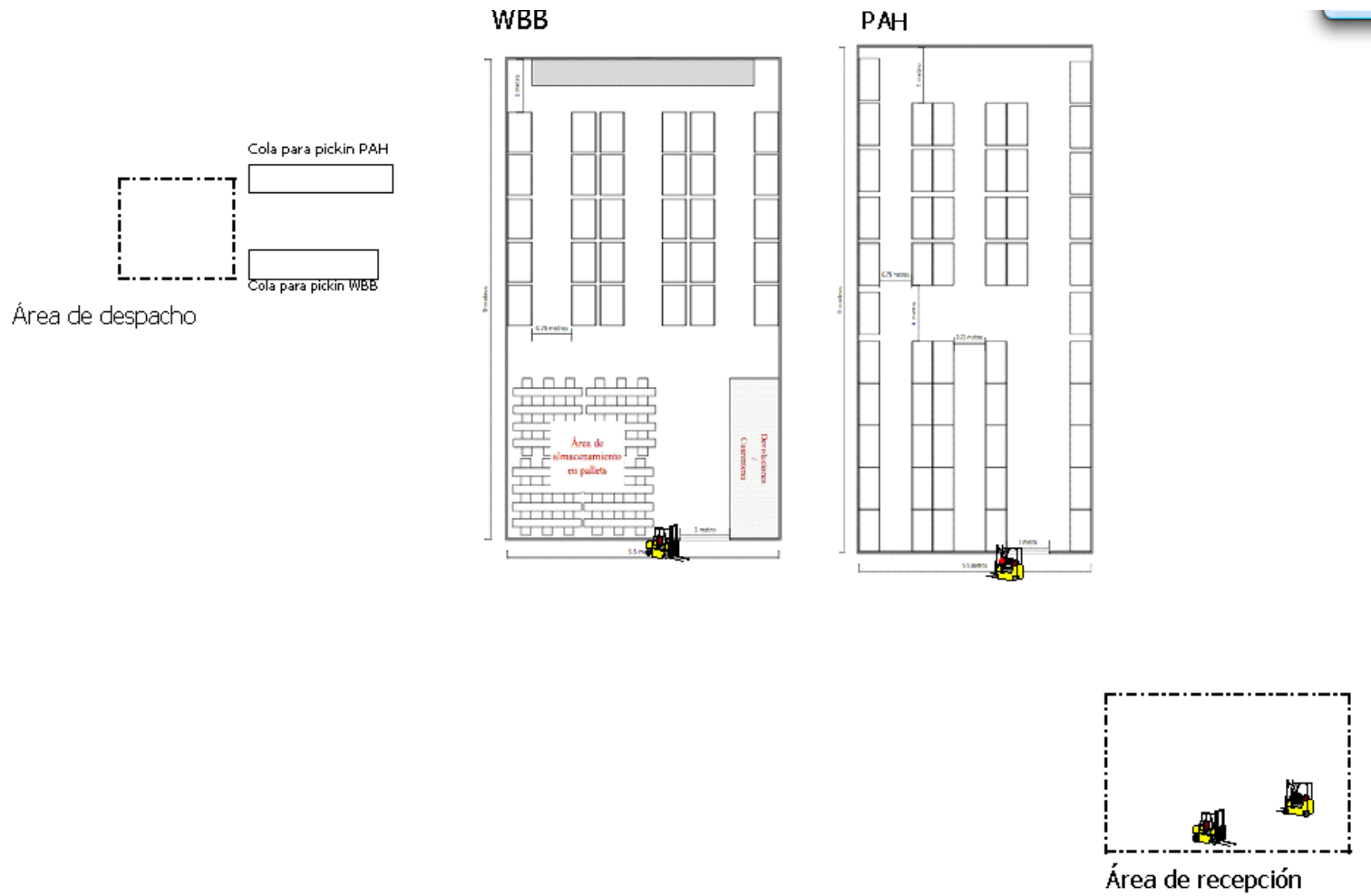
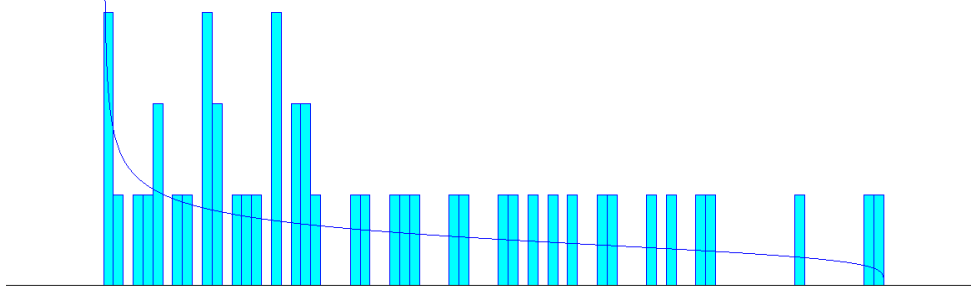


Ilustración 20: Animación de la simulación posterior a la corrida del modelo (Elaboración propia)

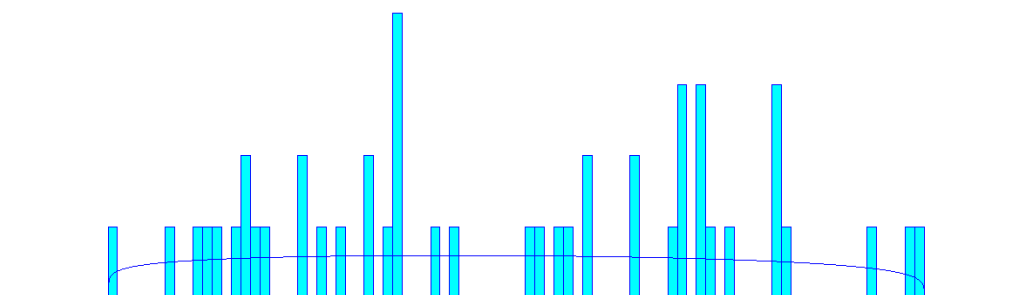
Anexo 19: Distribuciones de probabilidad de datos recolectados para simulación



Distribution Summary	Data Summary
Distribution: Beta Expression: $19.5 + 79 * \text{BETA}(0.715, 1.22)$ Square Error: 0.016075 Chi Square Test Number of intervals = 9 Degrees of freedom = 6 Test Statistic = 7.38 Corresponding p-value = 0.296	Number of Data Points = 47 Min Data Value = 20 Max Data Value = 98 Sample Mean = 46.9 Sample Std Dev = 21.7 Histogram Summary Histogram Range = 19.5 to 98.5 Number of Intervals = 79

Figura 54: Distribución de probabilidad de datos recolectados en proceso de recepción de pedidos para WBB (Elaboración propia- Input Analyzer Arena ®)

De acuerdo a la herramienta Input Analyzer esta serie de datos sigue una distribución de tipo BETA (0.715,1.22)

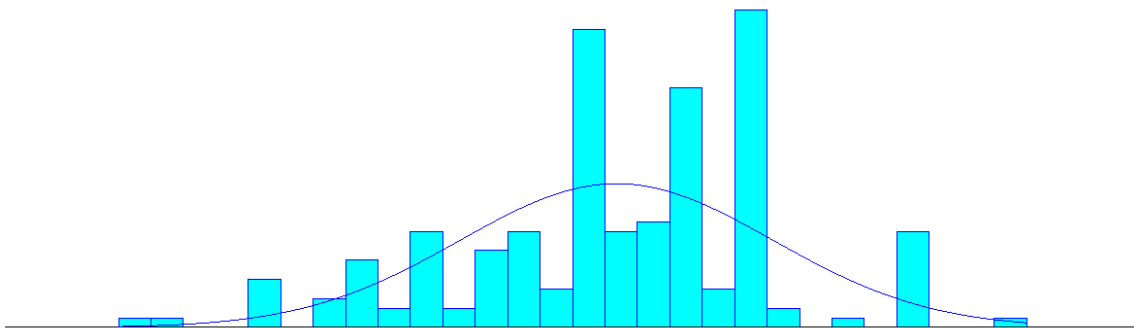


Distribution Summary	Data Summary
Distribution: Beta Expression: $29.5 + 86 * \text{BETA}(1.16, 1.22)$ Square Error: 0.027575 Chi Square Test	Number of Data Points = 47 Min Data Value = 30 Max Data Value = 115 Sample Mean = 71.4 Sample Std Dev = 23.4

Number of intervals = 8	Histogram Summary
Degrees of freedom = 5	
Test Statistic = 5.23	
Corresponding p-value = 0.403	
	Histogram Range = 29.5 to 116
	Number of Intervals = 86

Figura 55: Distribución de probabilidad de datos recolectados en proceso de recepción de pedidos para PAH (Elaboración propia- Input Analyzer Arena ®)

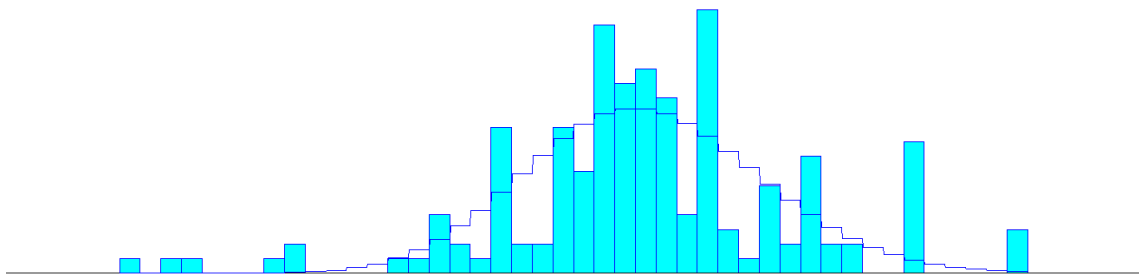
De acuerdo a la herramienta Input Analyzer esta serie de datos sigue una distribución de tipo BETA (1.16, 1.22)



Distribution Summary	Data Summary
Distribution: Normal	Number of Data Points = 181
Expression: NORM(35.8, 4.8)	Min Data Value = 21
Square Error: 0.042715	Max Data Value = 48
Chi Square Test	Sample Mean = 35.8
Number of intervals = 13	Sample Std Dev = 4.84
Degrees of freedom = 10	Histogram Summary
Test Statistic = 112	Histogram Range = 20.5 to 48.5
Corresponding p-value < 0.005	Number of Intervals = 28

Figura 56: Distribución de probabilidad de datos recolectados en proceso de consolidación de pedidos para WBB (Elaboración propia- Input Analyzer Arena ®)

De acuerdo a la herramienta Input Analyzer esta serie de datos sigue una distribución de tipo NORMAL (35.8, 4.8). Sin embargo existe una incoherencia la cual se recomienda eliminar con la toma de más datos.



Distribution Summary	Data Summary
Distribution: Poisson	Number of Data Points = 160
Expression: POIS(0)	Min Data Value = 7
Square Error: 0.017607	Max Data Value = 50
Chi Square Test	Sample Mean = 32
Number of intervals = 12	Sample Std Dev = 7.22
Degrees of freedom = 10	Histogram Summary
Test Statistic = 16.3	Histogram Range = 6.5 to 50.5
Corresponding p-value = 0.0933	Number of Intervals = 44

Figura 57: Distribución de probabilidad de datos recolectados en proceso de consolidación de pedidos para PAH (Elaboración propia- Input Analyzer Arena ®)

De acuerdo a la herramienta Input Analyzer esta serie de datos sigue una distribución de tipo POISSON (32).

Contacto: Ing. María Daniela Tejada

Mail: danit30@gmail.com