

**MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS DE ABASTECIMIENTO Y GESTIÓN DE
INVENTARIOS EN LA LINEA DE TUBERIA METALICA CON COSTURA DE LA
EMPRESA CORPACERO S.A.**

CARLOS MARIO QUINTERO SALAS

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA**

2013

**MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS DE ABASTECIMIENTO Y GESTIÓN DE
INVENTARIOS EN LA LINEA DE TUBERIA METALICA CON COSTURA DE LA
EMPRESA CORPACERO S.A.**

**Trabajo de grado para optar al título de:
INGENIERO INDUSTRIAL**

Autor

CARLOS MARIO QUINTERO SALAS

Código: 2050514

Director

ING. CARLOS EDUARDO DIAZ BOHORQUEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA**

2013

AGRADECIMIENTOS

De manera muy sincera expreso mi agradecimiento a la familia de CORPACERO S.A. por la gran oportunidad de pertenecer a sus filas, brindarme el apoyo y el extenso conocimiento de todo su personal y permitirme aplicar todo mi conocimiento para beneficio mutuo.

A los Ingenieros Manuel Arroyo, Osbaldo Pedreros, Harold Torres y al personal del área de producción Robert Poveda, Diego Corredor, Edilberto Agudelo y Natalia Torres por el apoyo y el tiempo dedicado al desarrollo de todas las actividades de este proyecto.

De manera especial a Don Raúl García y a Don William personas que brindaron su conocimiento a beneficio de mi experiencia en el tiempo de permanencia en la organización.

A la escuela de estudios industriales y empresariales en donde se me formo como persona y profesional integro para la sociedad.

A mi director de proyecto Carlos E. Díaz por su dedicación y asesorías brindadas de manera incondicional.

A Sandra Blandón por el apoyo logístico y suministro de equipos de cómputo.

A la Ingeniera Lina M. Morales por sus asesorías en todo momento y a sus consejos profesionales.

Y a todas aquellas personas que me acompañaron y brindaron su ayuda durante la realización de este proyecto.

DEDICATORIA

A mis amados padres Yamiris y *Ciro Antonio* que con sus incontables esfuerzos y paciencia me llenaron de ganas y deseos de superación para su alegría y orgullo.

A mis adorados hermanos Karen, Isabel y Oscar fuente de inagotable de felicidad, peleas y ánimos en los momentos difíciles.

De forma muy cariñosa a *Alcira Santiago* por brindarnos tanto a mí como a mis hermanos cariño y dedicación en esos años de niñez y adolescencia tan difíciles.

A *Jennifer Millán* (mi adoración y luz), gracias por tu amor, paciencia y tus ganas de mostrarme lo mejor de mí en los momentos más difíciles.

Te amo mi JenJen.

Con una dedicatoria especial a *Anderson* que más que un buen amigo, es más un hermano por soportarme (Que de por sí, es casi imposible). Gracias por estar ahí siempre en todo momento.

Y a todos aquellos que me brindaron su invaluable amistad a lo largos de estos años de vivencia universitaria.

CARLOS MARIO QUINTERO SALAS.

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN	18
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO.....	21
1.1 TITULO	21
1.2 TIPO DE PROYECTO	21
1.3 PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA	21
1.4 JUSTIFICACION.....	22
1.5 ALCANCE DEL TRABAJO	23
1.6 OBJETIVOS.....	23
1.6.1 Objetivo general.....	23
1.6.2 Objetivos específicos	24
1.7 MATERIAL DE INVESTIGACIÓN	24
1.8 METODOLOGIA DE INVESTIGACION	25
1.8.1 Herramientas de la metodología.....	26
2. CORPORACION DEL ACERO (CORPACERO S.A)	27
2.1 RESEÑA HISTÓRICA	27
2.2 PLAN ESTRATÉGICO.....	27
2.2.1 Misión:	27
2.2.2 Visión:.....	28
2.2.3 Políticas de Calidad:	28
2.2.4 Máximo Acero:.....	29
2.3 ORGANIGRAMA DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN	29
2.4 PROCESO GENERAL DE PRODUCCIÓN	30
2. 5.1 Especificación técnica	31
2.6 DESCRIPCION DEL PROCESO PRODUCTIVO	31
2.6.1 Materia prima.....	31
2.6.2 Proceso de corte.....	31
2.6.3 Proceso de formado	32
2.6.4 Proceso de galvanizado	33
2.6.5 Proceso de roscado.....	33

2.6.6 Identificación y presentación.....	33
3. MARCO TEORICO	34
3.1 PRONOSTICO DE LA DEMANDA	34
3.1.1 Caracterización de los métodos de pronósticos	34
3.1.2 Técnicas para completar serie de datos	35
3.2 GESTIÓN DEL ABASTECIMIENTO	38
3.3 GESTIÓN DE LOS INVENTARIOS	39
3.3.1 Determinación de las existencias:	39
3.3.2 Análisis de inventarios:	39
3.3.3 Control de producción:.....	40
3.3.4 Plan maestro de producción (M.S.P)	40
3.3.5 Planeación de requerimientos de materiales (M.R.P).....	43
3.3.6 Función de los inventarios:	47
3.3.7 Tipos de inventarios:.....	48
3.3.8 Clasificación ABC:	49
3.3.9 Control de inventarios de ítems individuales con demanda probabilística. 50	
3.3.9.1 Control de inventarios con tiempos de reposición aleatorios.	50
3.3.10 Costos para una política de Inventarios.....	52
3.4 SIMULACIÓN	53
3.4.1 Definición de simulación	53
3.4.2 Tipos de simulación	54
3.4.2.1 Sistemas Estáticos o Dinámicos.....	54
3.4.2.2 Sistemas Estocásticos o Determinísticos	54
3.4.2.3 Modelos Discretos o Continuos	55
3.5 Variables Aleatorias.....	55
3.5.1 Métodos para probar números aleatorios	55
3.5.1.1 Prueba de Frecuencias.....	56
4. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE ABASTECIMIENTO Y GESTIÓN DE INVENTARIOS A CORPACERO S.A	58
4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ABASTECIMIENTO	59

4.1.1 Presupuesto global de ventas:.....	59
4.1.1.1 Gerente Corporativo Comercial:	60
4.1.2 Plan de ventas:.....	60
4.1.3 Plan de stock de producto terminado (P.T):.....	60
4.1.4 Plan de producción:	61
4.1.4.1 Lista de materiales:.....	61
4.1.4.2 Explosión MRP:	61
4.1.4.3 Planeador de Materiales en el proceso de abastecimiento:	62
4.1.4.4 Restricciones de requisición:	63
4.1.5 Plan de compras:.....	64
4.2 PROCESO DE ABASTECIMIENTO, ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS.....	65
4.3 DESCRIPCION DEL PROCESO DE GESTIÓN DE INVENTARIOS.....	67
4.3.1 Proceso de estimación y determinación de los niveles de Inventarios	67
4.3.2 Planeador de materiales en el proceso de gestión de Inventarios.....	68
4.3.3 Programador de producción en el proceso de gestión de inventarios	69
4.3.4 Jefe de planta en el proceso de gestión de inventarios.	69
4.4 PROCESO DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO TERMINADO	70
5. PROPUESTA DE MEJORA APLICADA AL PROCESO GENERAL DE PRODUCCIÓN	73
5.1 DISEÑO Y SELECCIÓN DE LA PROPUESTA.....	74
5.2 DESCRIPCION E IMPLEMENTACION DE LA PROPUESTA	74
5.3 ANÁLISIS Y ESTIMACION ESTADÍSTICA DE LA DEMANDA.	80
5.3.1 Bases de datos	80
5.3.2 Elección y uso del software	81
5.3.3 Depuración de los datos bajo análisis	82
5.4 MODELO PARA DETERMINAR LAS POLITICAS DE INVENTARIO.....	86
5.4.1 Selección del modelo de Simulación	87
5.4.2 Estructura de la simulación.....	87

5.4.3. Metodología para la determinación de los inventarios de seguridad e inventarios mínimos por producto.....	87
5.4.3.1 Ventajas.....	89
5.4.3.2 Desventajas.....	89
6. DESARROLLO DEL MODELO DE GESTIÓN DE INVENTARIOS.....	90
6.1 CLASIFICACIÓN ABC PARA LAS FAMILIAS DE TUBERIA TIPO CONDUIT	90
6.2. APLICACIÓN DEL MODELO DE GESTIÓN DE INVENTARIOS	93
6.2.1 SUPUESTOS INICIALES DEL MODELO DE GESTIÓN.....	94
6.2.2 RESTRICCIONES DEL MODELO.....	94
6.3 ESTRUCTURA DE COSTOS DEL MODELO DE GESTIÓN DE INVENTARIOS	95
6.3.1 Costo unitario de producción	96
6.3.2 Costo de custodia y mantenimiento.....	96
6.3.3 Costos de pedido:.....	99
6.3.4 Costo de escasez o pendientes (Back Order)	101
6.4 INDICADORES DE EVALUACION AL MODELO DE GESTIÓN APLICADO	101
7. MANUAL DEL USUARIO DE LA HERRAMIENTA DE PROGRAMACION.....	105
7.1 ALCANCE DE LA HERRAMIENTA	105
7.2 DESCRIPCION DE LA HERRAMIENTA	105
7.3 DATOS REQUERIDOS PARA EL ARRANQUE Y FUNCIONAMIENTO DE LA HERRAMIENTA	105
7.4 ENTORNO Y FUNCIONAMIENTO DE LA HERRAMIENTA.....	106
CONCLUSIONES	119
RECOMENDACIONES	121
BIBLIOGRAFÍA.....	123
ANEXO	125

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Imagen Corporativa.	29
Figura 2: Organigrama de la Línea de producción.	29
Figura 3: Secuencia de actividades relacionadas con la producción de cualquier tipo de tubería.	30
Figura 4: Proceso de corte de rollo o bobina.	32
Figura 5: Proceso de formado de tubería.	32
Figura 6: Logo de identificación.	33
Figura 7: Estructura básica del desglose de un MPS.	42
Figura 8: Estructura genérica de la lista de materiales para un producto.	44
Figura 9: Estructura del MRP.	45
Figura 10: Proceso de abastecimiento de materia y consumo en el área de producción.	58
Figura 11: Proceso de abastecimiento de producto terminado.	58
Figura 12: Demanda tubería E.M.T sin filtrado estadístico.	84
Figura 13: Filtrado estadístico Familia Tubería E.M.T.	86
Figura 14: Menú de Inicio.	107
Figura 15: Menú Nuevo Producto.	108
Figura 16: Menú Modificación Producto.	108
Figura 17: Menú Nuevo Pronostico.	109
Figura 18: Error por datos faltantes o erróneos.	110
Figura 19: Menú Informes.	110
Figura 20: Elementos para cálculo de Inventario de seguridad.	111

Figura 21: Calculo Stock de seguridad.	112
Figura 22: Tipos de distribuciones a simular en la herramienta.	113
Figura 23: Parámetros específicos de la distribución seleccionada.	114
Figura 24: Escenario de simulación.	115
Figura 25: Indicadores de la herramienta.	116
Figura 26: Graficas de series de datos para los indicadores Pendientes (Back Order) y Nivel de servicio.	117
Figura 27: Graficas de series de datos para los indicadores Producción e Inventario Inicial.	117
Figura 28: Graficas de series de datos para los indicador de A.T.P.	117

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Tiempos (Días) entre procesos para la fabricación de Tubería I.M.C (Año 2011).	76
Tabla 2: Tiempos (Días) entre procesos para la fabricación de Tubería I.M.C (Año 2012).	77
Tabla 3: Referencias discriminadas por diámetro familia de productos Tipo I.M.C	90
Tabla 4: Referencias discriminadas por diámetro familia de productos Tipo E.M.T	91
Tabla 5: Referencias discriminadas por diámetro familia de productos Tipo Rigid.	91
Tabla 6: Clasificación tipo A basados en rotación.	92
Tabla 7: Clasificación tipo B basados en rotación.	92
Tabla 8: Clasificación tipo C basados en rotación.	93
Tabla 9: Indicador nivel de servicio.	102
Tabla 10: Indicador A.T.P	103
Tabla 11: Indicador Pendientes (Back Order).	103
Tabla 12: Indicador Inventario Actual	104
Tabla 13: Indicador Producción Mensual	104

LISTA DE ANEXOS

VER EN ARCHIVO ANEXO.

ANEXO 1. Catálogo de tuberías metálicas en oferta

ANEXO 2. Referencias técnicas tuberías tipo Conduit

ANEXO 3. Históricos de ventas por familias 2011–2012.

ANEXO 4. Históricos de ventas general tubería tipo Conduit.

ANEXO 5: Informe Final Tiempos de Proceso Tubería I.M.C.

ANEXO 6: Tubería EMT Descripción total Comportamiento Demanda.

ANEXO 7: Tubería IMC Descripción total Comportamiento Demanda.

ANEXO 8: Tubería RIGID Descripción total Comportamiento Demanda.

ANEXO 9. Ejemplo de Validación de modelo matemático.

TABLA DE CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS

Objetivos	Descripción	Cumplimiento
1	Diagnosticar y evaluar el estado de los procesos aplicados actualmente a la línea de tubería metálica con costura.	Subcapítulo 2.6 Capítulo 4.0
2	Diseñar y presentar las propuestas de mejoras, para los procesos de abastecimiento y gestión de inventarios.	Capítulo 5.0
3	Diseñar y desarrollar un modelo matemático para determinar los tamaños de lotes óptimos para la administración de los inventarios de esta línea de productos.	Subcapítulo 5.4
4	Diseñar un sistema de indicadores de desempeño que permitan realizar seguimiento y control a los procesos en vía de mejora.	Subcapítulo 6.4
5	Diseñar aplicativo (Macros) herramienta de programación, para el seguimiento y control del nivel de servicio vs el inventario óptimo.	Capítulo 7.0
6	Implementar las propuestas de mejoras a los procesos de abastecimiento y gestión de inventarios con su respectivo sistema de indicadores.	Subcapítulo 5.2 Capítulo 6.0
7	Evaluar y validar el modelo matemático para la determinación de la política óptima de inventarios con datos históricos, acompañado del análisis de los indicadores de desempeño establecidos.	ANEXO 9.0

RESUMEN

TITULO

MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS DE ABASTECIMIENTO Y GESTIÓN DE INVENTARIOS EN LA LINEA DE TUBERIA METALICA CON COSTURA DE LA EMPRESA CORPACERO S.A.*

AUTOR

CARLOS MARIO QUINTERO SALAS**

PALABRAS CLAVE

Gestión de inventarios, pronósticos de demanda, simulación, datos aleatorios, proceso de abastecimiento, lotes de producción.

DESCRIPCION

Actualmente para cualquier empresa manufacturera es indispensable contar con un sistema que les permita gestionar adecuadamente sus niveles de inventario en productos terminados. Y esta problemática no excluye a Corpacero S.A una empresa que busca constantemente de manera estructurada mejoras en todos sus procesos.

El presente proyecto se desarrolló formulando una metodología estructurada de análisis descriptivo a todas las actividades, procesos y herramientas que directamente están relacionadas con la gestión del inventario de producto terminado (Proceso de abastecimiento, proceso productivo y políticas de determinación de los lotes o niveles de producción para almacenamiento). Adicionalmente la metodología aplicada para este trabajo de grado, está basada en análisis estadísticos detallados, caracterización del proceso productivo y estimación de pronósticos de demanda avanzados como la Simulación de datos aleatorios (Simulación de Monte-Carlo) debido a las características que presentan los productos en estudio.

Con el propósito de potenciar la metodología de mejora para la gestión de inventario se desarrolla una herramienta informática de simulación basada en modelos matemáticos con propiedades adaptables a los cambios que se requieran para determinación de políticas óptimas de gestión en condiciones específicas y medios cambiantes como los actuales. Y con el fin de determinar la efectividad del aplicativo se realizará una comparación de los pronósticos simulados arrojados en comparación con los datos reales de consumo en un periodo de tiempo seleccionado.

* Proyecto de Grado

** Universidad Industrial De Santander. Facultad De Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela De Estudios Industriales Y Empresariales. Director, Carlos Eduardo Díaz Bohórquez.

SUMMARY

TITLE

IMPROVEMENT OF THE SUPPLY PROCESSES AND INVENTORY MANAGEMENT IN THE WELDED METALLIC TUBING LINE FROM CORPACERO S.A

AUTHOR

CARLOS MARIO QUINTERO SALAS**

KEY WORDS

Inventory management, demand forecast, simulation, aleatory data, supply processes, production lots

DESCRIPTION

Actually for any manufacturing company it's very important to have a system that allows them to properly manage their inventory levels in finished products. This problematic does not exclude Corpacero S.A, a company that is constantly looking the way to improve all their processes.

This project is developed by using a descriptive analysis methodology to all the activities, processes and tools that are directly involved with the inventory management of the finished product (supply process, productive process and lots determination policies or production levels for storage). Additionally, the applied methodology for this thesis is based in detailed statistical analysis, productive process characterization and advanced demand forecast estimation like aleatory data simulation (Monte-Carlo simulation) due to the characteristics of the products in the studio.

With the goal of enhancing the improvement methodology for the inventory management a simulation software tool is developed, based in mathematical models with adaptable properties to the changes that are required to determine the optimal management policies in specific conditions and changing environments like the ones we find today.

For the test of the effectiveness of the tool, a comparison will be made between the simulated forecast data and the real data of sales in a determined period of time.

* Proyecto de Grado

** Universidad Industrial De Santander. Facultad De Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela De Estudios Industriales Y Empresariales. Director, Carlos Eduardo Díaz Bohórquez.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, no existe ninguna organización u empresa que no centre sus esfuerzos en optimizar sus procesos logísticos entre otras actividades; Basados en una búsqueda estructurada y continúa de todas las posibles fuentes de mejora que refinen y potencien dichos procesos. Con el propósito final de satisfacer los crecientes y cambiantes niveles de demanda requeridos por sus clientes tanto internos como externos a la organización.

En este trabajo de grado se revisarán los procesos involucrados directa e indirectamente con las actividades y las políticas de gestión de inventarios de la empresa Corpacero S.A; Orientado todo el esquema de investigación y desarrollo de este documento al diagnóstico de la situación actual, diseño y aplicación de mejoras estructuradas con el propósito de fortalecer las actividades y procedimientos actuales de gestión de los niveles de stock de productos terminados; Generando aumento de los niveles de servicio, eficiencia en el uso de los recursos, mejora de los procesos productivos y logísticos de la organización.

El presente proyecto contiene en una serie de metodologías que se describen en 7 capítulos en el siguiente orden:

En el primer capítulo se describe las generalidades del proyecto a desarrollar en Corpacero S.A. que incluye (Nombre título del proyecto, planteamiento de problemática, justificación, alcance del trabajo, objetivos generales y específicos, metodología y material de investigación.

Continuando en el segundo capítulo se realiza una descripción actual de los procesos productivos relacionados con la fabricación directa de la línea de tubería.

Incluyendo el plan estratégico, la estructura organizacional de la planta de producción.

Con el fin de fortalecer los fundamentos académicos aplicados e implementados en el desarrollo del presente proyecto, se realiza en el tercer capítulo el marco teórico que da apoyo y respalda todas las actividades aquí realizadas.

En los capítulos cuarto y quinto, se realiza la descripción y diagnóstico de los procesos de gestión de abastecimiento e inventarios actualmente aplicados, acompañados de información que apoya y da fundamento al diseño a las posibles propuestas de mejora a implicar para dar solución a la problemática descrita en el primer capítulo.

En la descripción de los capítulos sexto se da detalle al desarrollo y aplicación del nuevo modelo de gestión de los inventarios para la línea de tubería metálica para conducción tipo Conduit. Enfatizando en el proceso de análisis estadístico, estudio de series de datos, filtrado y depuración de bases de datos, la utilización y soporte que brindan los software estadísticos como herramienta fundamental a la estimación analítica de la demanda, aplicación de modelos avanzados de pronósticos como la simulación de Monte Carlo para sistemas de inventarios, estudio de costos que determinarán los impactos provocados por la implementación de las propuestas de mejora.

En el capítulo 7, con el objetivo final de fortalecer las mejoras a aplicar se diseña y describe el manual del usuario para la herramienta informática para que facilite y potencie de manera eficiente las nuevas políticas para la gestión de los inventarios de tubería metálica con costura, basada en la caracterización del proceso productivo, estudios estadísticos detallados, métodos de pronósticos avanzados.

Nos permitirá facilitar la toma de decisiones de tipo organizacional dado que la simulación nos permite experimentar condiciones dadas sin arriesgar grandes cantidades de recursos y dinero en la vida real.

Además se diseñan y muestran los indicadores que permitirán evaluar las políticas planteadas.

Presentación de las respectivas conclusiones y recomendaciones, a las cuales se les debe dar cumplimiento a los procedimientos, actividades y herramientas planteados en éste proyecto de grado, lo que permitirá el fortalecimiento de los procesos de gestión de inventarios por parte de Corpacero S.A.

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 TITULO

MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS DE ABASTECIMIENTO Y GESTIÓN DE INVENTARIOS EN LA LINEA DE TUBERIA METALICA CON COSTURA DE LA EMPRESA CORPACERO S.A.

1.2 TIPO DE PROYECTO

Trabajo de grado: Modalidad práctica empresarial.

1.3 PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA

Corpacero S.A es una empresa que cuenta con un sistema estandarizado de procesos que a su vez busca un mejoramiento estructurado en la línea de producción de tubería metálica con costura, y a pesar que poseen los elementos necesarios para la determinación, producción y almacenamiento de producto terminado, no se ha llegado a establecer con una metodología para la determinación exacta de las cantidades para inventario por referencias requeridas por el mercado, presentándose debido a la variabilidad del medio en algunos casos sobreproducción de producto terminado incurriendo en mayores gastos de almacenamiento y control de inventarios, o por el contrario presentándose rupturas de inventarios debido a faltantes al no suplir debidamente la demanda, provocadas debido a fechas de producción y periodos de entrega demasiado extensos, inconvenientes con el suministro adecuado de materia prima, pronósticos de ventas o producción inexactos.

Todos estos elementos anteriormente mencionados hacen necesario una estructuración adecuada de los procesos, actividades y herramientas involucradas

actualmente en la determinación y administración de los inventarios en la línea de producción de tubería metálica con costura de la organización.

1.4 JUSTIFICACION

Corpacero S.A. En cumplimiento de las políticas de planeación estratégica, encausa todos sus esfuerzos para lograr un aumento progresivo de la cuota de mercado de las tuberías metálicas tipo Conduit, para conquistar el deseado posicionamiento estratégico de la organización en el mercado.

Siendo consiente con lo anterior y con los cambios del mercado nacional e internacional afectando directamente el nivel y el número de clientes, la cantidad de competidores en el medio, como las fuertes y marcadas fluctuaciones en el mercado de materias primas del acero; Obligan a la organización a replantear y reestructurar sus actividades, procesos productivos y políticas estratégicas para lograr mayor cuota de mercado, aumento del nivel de servicio, uso eficiente de sus recursos y posicionamiento en el medio como proveedor número 1° de este tipo de productos.

Evidentemente para las organizaciones el mantener cierta cantidad específica de productos terminados, en proceso o materias primas en stock, les acarrea una serie de costos importantes directamente proporcionales al volumen del mismo. Y siendo el uso eficiente de estos activos unos de los ejes de las mejoras estratégicas; Poder aplicar y ajustar las propuestas y herramientas diseñadas basadas en estudios detallados de estadísticos de demanda, tiempos de producción, análisis de costos y modelación matemática genera un ambiente de constante investigación, estudios y ajustes a los procesos aplicados por parte de la organización hacia la óptima administración y gestión de sus activos.

Dadas todas las anteriores consideraciones; El presente trabajo de grado tiene como objetivo estructurar un sistema de mejoras de los procesos, actividades y

políticas de gestión y determinación de los niveles de inventario de producto terminado, aumentando el nivel de servicio en la línea de producción de tubería metálica con costura que conlleven al logro de las políticas estratégicas de Corpacero S.A.

1.5 ALCANCE DEL TRABAJO

El alcance del proyecto va desde el conocimiento, caracterización y recolección de información cuantitativa de todos los procesos propios y anexos a la línea de producción de tubería metálica con costura que permitirán por medio de un análisis descriptivo y diagnósticos detallados la identificación de oportunidades de mejora dentro el sistema; Potenciadas con el desarrollo y diseño de una nueva política de gestión de inventarios basadas en una herramienta informática enfocada en técnicas de pronósticos avanzadas (Simulación de eventos aleatorios “Monte Carlo”) para la determinación de lotes óptimos de producción para las referencias Tipo A Y B de productos los productos en análisis.

Seguido de una formulación e implementación de un conjunto de acciones aprobadas debidamente por las directivas de Corpacero S.A; Aplicadas hasta el punto que la organización permita.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo general

Diseñar e implementar un conjunto de mejoras para los procesos de abastecimiento y gestión de inventarios en la línea de tubería metálica con costura de la empresa CORPACERO S.A; de tal forma que contribuya al aumento de los niveles de servicio y por ende la rentabilidad de la empresa posibilitando mejorar la competitividad de la línea en el mercado.

1.6.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar y evaluar el estado de los procesos aplicados actualmente a la línea de tubería metálica con costura.
- Diseñar y presentar las propuestas de mejoras, para los procesos de abastecimiento y gestión de inventarios.
- Diseñar y desarrollar un modelo matemático para determinar los tamaños de lotes óptimos para la administración de los inventarios de esta línea de productos.
- Diseñar un sistema de indicadores de desempeño que permitan realizar seguimiento y control a los procesos en vía de mejora.
- Diseñar aplicativo (Macros) herramienta de programación, para el seguimiento y control del nivel de servicio vs el inventario óptimo.
- Implementar las propuestas de mejoras a los procesos de abastecimiento y gestión de inventarios con su respectivo sistema de indicadores.
- Evaluar y la validar el modelo matemático para la determinación de la política óptima de inventarios con datos históricos, acompañado del análisis de los indicadores de desempeño establecidos.

1.7 MATERIAL DE INVESTIGACIÓN

La presente memoria se realizó en las instalaciones de Corpacero S.A ubicada en Santa Fe de Bogotá D.C; Este estudio se realizó entre Noviembre de 2012 a Mayo de 2013.

Las fuentes de información proporcionadas por Corpacero S.A corresponden:

- Estado de ventas desde Enero 2008 al Diciembre de 2012.
- Proyecciones de ventas de año 2012-2013.

- Información general de los procesos de producción y gestión de los inventarios de la línea de tubería metálica con costura de los últimos 5 años (2008-2012).
- Manual de inducción Corpacero S.A.
- Manuales de calidad de las tuberías metálicas.
- Fichas y normas técnicas específicas de las tuberías Galvanizadas Tipo Conduit (EMT, IMC Y RIGID).
- Manuales de funciones de cargos específicos de las distintas áreas en estudio (Producción, Logística, Compras, Gerencia General, Despachos e Inventarios).
- Documentación de las actividades logísticas de abastecimiento de los años 2011 al 2013.
- Documentación de los procesos e informes contables del año 2012.

1.8 METODOLOGIA DE INVESTIGACION

Para llevar a cabo este mejoramiento de procesos se presenta estratégicamente la metodología **DMAIC**. Es una herramienta de la metodología Seis Sigma que se enfoca en la mejora de procesos existentes. DMAIC por sus siglas en inglés: *Define, Measure, Analyze, Improve, Control* que significa los pasos de la metodología: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.

Esta herramienta es una estrategia de calidad basada en la estadística, que da vital importancia a la recolección de información y a la veracidad de los datos como base de una mejora. Cada paso de la metodología se enfoca en lograr los mejores resultados posibles para minimizar la posibilidad de error. Podríamos considerarlo como una modificación del Ciclo de Deming para la Mejora Continua basado en el Planear, Hacer, Verificar y Actuar.

1.8.1 Herramientas de la metodología

Las herramientas utilizadas para la implementación de la metodología fueron:

- Observación directa a los procesos en estudio.
- Aplicación del modelo DMAIC para el proceso de abastecimiento, gestión de inventarios de la línea de producción de tubería metálica con costura.
- Entrevistas estructuradas y semi-estructuradas a los responsables directos e indirectos de las políticas de determinación de los niveles de inventarios.
- Revisión de documentos de las área de calidad
- Estudios estadísticos detallados de los históricos de ventas.
- Identificación de los procesos indirectamente asociados a los procesos de gestión de inventarios en la línea de tubería metálica con costura.

2. CORPORACION DEL ACERO (CORPACERO S.A)

2.1 RESEÑA HISTÓRICA

CORPACERO S.A fue fundada en 1.961 en la ciudad de Bogotá; con 52 años de presencia en el mercado industrial Colombiano y 25 años en el exterior, se ha dedicado a la importación y transformación de láminas y planchas de acero Cold Rolled (CR) y Hot Rolled (HR) para la fabricación y comercialización de productos metalmecánicos como Lámina lisa galvanizada, teja corrugada de zinc, láminas corrugadas para revestimiento de túneles, pisos metálicos para puentes, defensas metálicas para carretera, postes de iluminación, perfiles en “C” y en “Z” formados en frío “PERLINES”, entrepiso metálico “CORPALOSA”, cubiertas estructural galvanizada “CORPATECHO”, sistemas estructurales para naves industriales, centros comerciales y edificios a partir de vigas de alma llena soldadas, sistema estructural para vivienda industrializada, tubería para conducción de agua, gas, tubería de cerramiento, tuberías metálicas tipo Conduit objeto del desarrollo de este proyecto de mejoramiento.

Actualmente CORPACERO S.A cuenta con certificaciones de aseguramiento de calidad requeridas por la industria como ISO 9001:2000, IQnet e Icontec lo que le permite competir con cualquier fabricante de calidad en el mundo.

2.2 PLAN ESTRATÉGICO

2.2.1 Misión:

CORPACERO, empresa del sector privado industrial servirá al país como generadora de desarrollo en cuanto a infraestructura, economía, construcción y empleo, además de ser una sociedad rentable para sus accionistas, siendo pionera en calidad y productividad las cuales serán base fundamental de la Empresa. CORPACERO desarrollará una competencia vigorosa, imaginativa y agresiva, pero al mismo tiempo ortodoxa, ética y real.

2.2.2 Visión:

CORPACERO es una Empresa en evolución continua, en donde pertenecer a ella genera seguridad, ofrece oportunidades e imprime orgullo a un equipo humano de accionar estratégico y liderazgo colectivo, con alto sentido de pertenencia y devoción por sus clientes que la llevarán a alcanzar el primer lugar de las empresas en productos metalmecánicos y plásticos en toda América.

2.2.3 Políticas de Calidad:

CORPACERO tiene por política de calidad los siguientes principios generales que guían la acción para la consecución de sus metas, las cuales demandan el compromiso de toda la empresa.

- **La satisfacción del cliente**

Suministrar productos y servicios que satisfagan las necesidades y expectativas de los clientes, para ello el establecimiento de mecanismos que permitan escuchar las inquietudes existentes.

- **El recurso humano**

Dedicar especial atención y esfuerzo a la capacitación y al desarrollo de las habilidades requeridas por el cuerpo de empleados, para que estos puedan realizar sus funciones de una manera adecuada.

- **Compromiso con la calidad**

Mantener y promover el sentido de pertenencia y compromiso con la calidad a todos los niveles de la compañía, implementando medios que ayuden al proceso de sensibilización y motivación hacia la calidad.

2.2.4 Máximo Acero:

Es la imagen corporativa de la compañía, la cual busca reflejar la fortaleza de los productos fabricados en la empresa y el empeño de cada integrante de Corpacero S.A.

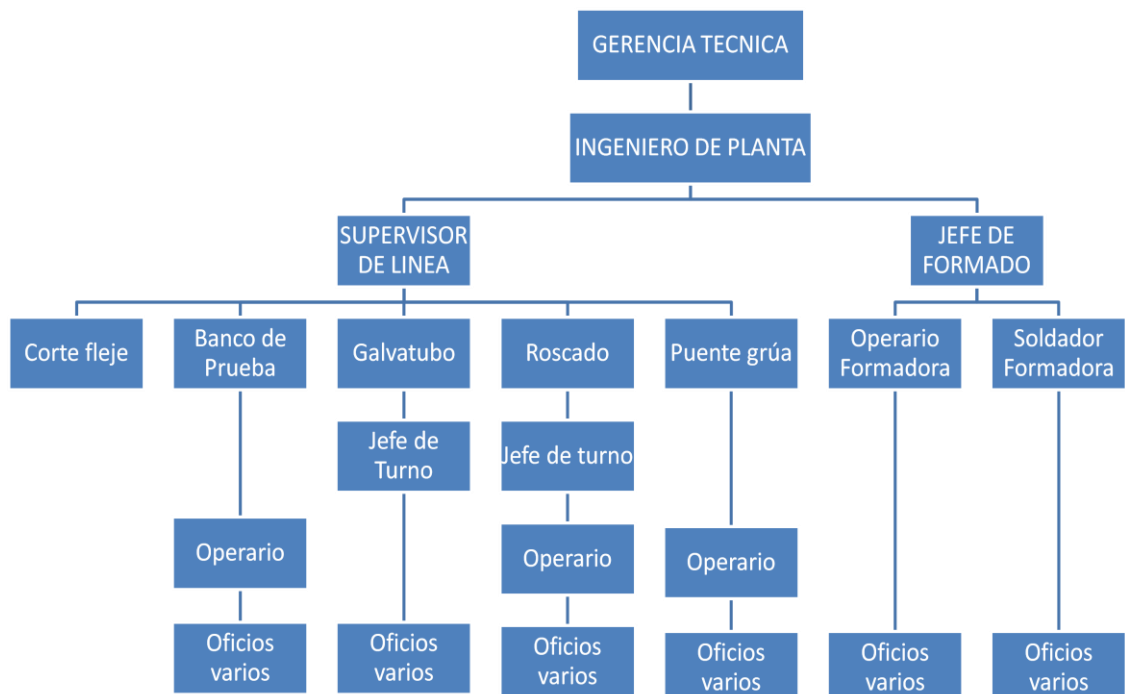
Figura 1: Imagen Corporativa.



Fuente: Manual de inducción Corpacero S.A. 2012.

2.3 ORGANIGRAMA DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN

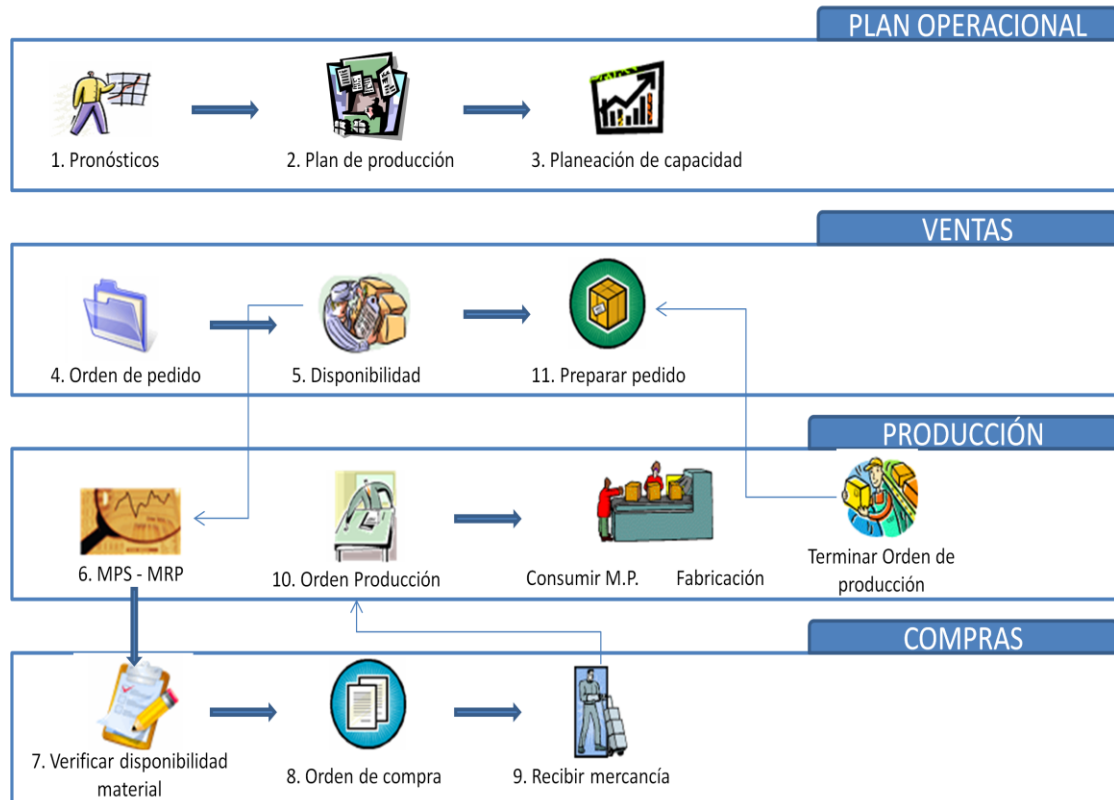
Figura 2: Organigrama de la Línea de producción



Fuente: Adaptación tomada de manual de funciones del cargo: Planeador de materiales Corpacero S.A. 2012.

2.4 PROCESO GENERAL DE PRODUCCIÓN

Figura 3: Secuencia de actividades relacionadas con la producción de cualquier tipo de tubería.



Fuente: Adaptación tomada de manual de funciones del cargo: Planeador de materiales
Corpacero S.A. 2012

2.5 TUBERÍAS METÁLICAS TIPO CONDUIT

Las referencias de tubería metálica tipo Conduit, son productos especializados como conductos para instalación de cables y alambres de conducción eléctrica; Este tipo de tubería está compuesta por tres familias de productos:

- Tubería Conduit EMT (Tubería Metálica de Acero).
- Tubería Conduit IMC (Tubería Intermedia Metálica Conduit).
- Tubería Conduit RIGID (Tubería Conduit Metálica Pesada de Acero).

Donde el grado de protección de cada tubería, está relacionado directamente al espesor de material base; Siendo esta la característica de principal clasificación, convirtiendo a la tubería Conduit EMT la familia de referencias con un rango de espesores bajo norma técnica entre 1,07 mm y 1,65 mm; La tubería Conduit IMC con un rango intermedio de espesores bajo norma técnica entre 1,79 mm y 4,06 mm; Y por último la familia de referencias tipo Conduit RIGID la cual presenta un rango de espesores bajo norma técnica entre 2,64 mm y 3,71 mm. Descripción detallada de Referencias seleccionadas para el estudio del proyecto. Ver Anexo (1) y (2).

2. 5.1 Especificación técnica

Para el estudio se toma los tres tipos de tubería Conduit fabricados en Corpacero S.A y de acuerdo con el código Eléctrico Nacional, se tiene:

- Tubería EMT (NTC 105 equivalente a UL 797).
- Tubería IMC (NTC 169 equivalente a UL 1242).
- Tubería RIGID (NTC 171 equivalente a UL 6).

2.6 DESCRIPCION DEL PROCESO PRODUCTIVO

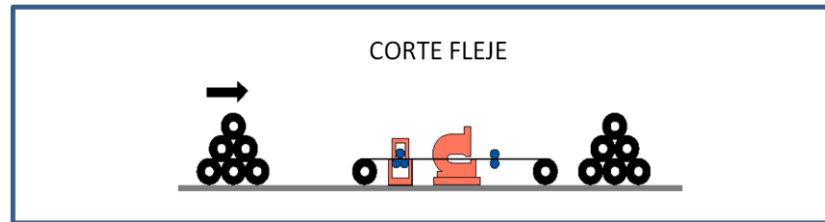
2.6.1 Materia prima

La Fabricación de la tubería consume rollos de acero de tipo Hot Rolled (HR) calidad comercial laminados en caliente, de bajo contenido de carbono.

2.6.2 Proceso de corte

Determinada la necesidad de los lotes de producción se asignan las combinaciones de corte al rollo o bobina de acero, generando flejes con anchos determinados por el diámetro de las referencias seleccionadas a producir.

Figura 4: Proceso de corte de rollo o bobina.



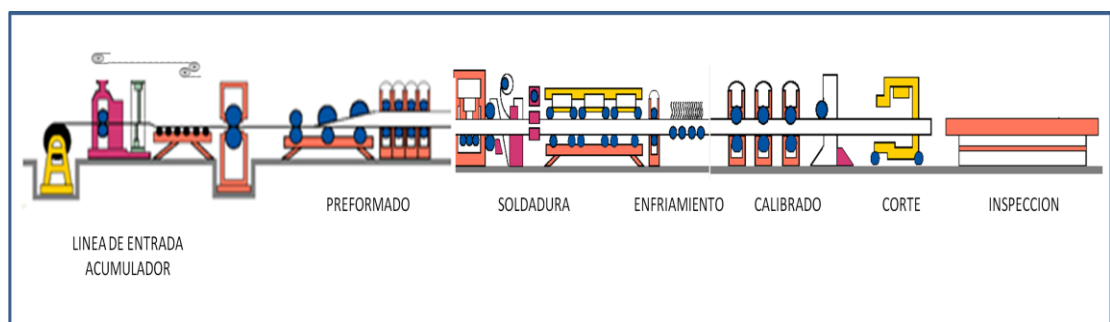
Fuente: Adaptación tomada de manual de funciones del cargo: Programador de producción Corpacero S.A. 2012.

2.6.3 Proceso de formado

Fabricación basada en formado en frío por medio de rodillos con alimentación continua de flejes de acero HR; Soldados por inducción de alta frecuencia (ERW). Y el cordón de soldadura interna generado se remueve mediante el proceso de burilado interno para evitar que puedan romper el aislamiento de los cables eléctricos.

- **Pruebas:** Aplicación de ensayos dobléz o ductilidad, según las normas ANSI C780.6º NTC 169.

Figura 5: Proceso de formado de tubería.



Fuente: Adaptación tomada de manual de funciones del cargo: Programador de producción Corpacero S.A. 2012

2.6.4 Proceso de galvanizado

Llevado a cabo por un proceso de inmersión en caliente, según la norma ANSI C80.6 O NTC 169 para garantizar la protección interior y exterior del tubo. En el proceso de galvanización se utiliza zinc de acuerdo la norma ATSM B6 O NTC 1054.

2.6.5 Proceso de roscado

La tubería fabricada es roscada según las normas ANSI B1.20.1 tipo NPT; La rosca de los tubos se protege con un tapón de color naranja, marcado en alto relieve con el nombre de CORPACERO y el diámetro del tubo específico.

2.6.6 Identificación y presentación

La tubería fabricada es marcada en bajo relieve con el nombre CORPACERO y se entrega cortada en longitudes estándar de 3.05 m; La tubería Conduit EMT se entrega sin tapón y sin rosca, la tubería Conduit IMC y RIGID se entregan con tapón y con una unión metálica galvanizada.

Figura 6: Logo de identificación.



Fuente: Portal web de la empresa. 2012.

3. MARCO TEORICO

3.1 PRONOSTICO DE LA DEMANDA

Consiste en la estimación y el análisis de la demanda futura para un producto en particular, o servicio, utilizando la información que se genera en los distintos niveles de la cadena de suministro, como ratios financieros, ventas, estimaciones de marketing e información promocional, a través de diferentes técnicas de previsión.

La predicción de demanda tiene el objetivo de mejorar el flujo de información en la cadena de suministro de las empresas y por lo tanto, preparar a la organización en medios técnicos, humanos y financieros para soportar las operaciones futuras de la empresa.

Existe actualmente diversas técnicas y métodos utilizados para predecir el comportamiento de la demanda, desde la simple recolección de información en el departamento de ventas y su posterior análisis y extrapolación, hasta métodos complejos basados en modelos econométricos y estadísticos (Ballou, 2004).

3.1.1 Caracterización de los métodos de pronósticos

Según Makridakis y Wheelwright existen seis grandes factores que son importantes al descubrir los métodos de pronósticos de acuerdo a su capacidad y adaptabilidad. Dichos factores son¹:

- **Horizonte de tiempo:** se manejan dos aspectos estrechamente relacionados con el horizonte temporal. El primero es el espacio de tiempo en el futuro para

¹ MAKRIDAKIS, Spyros; WHEELWRIGHT, Steven. Métodos de pronósticos. 1ra edición. México.: Editorial Limusa, S.A. de C.V. 2007. 41p.

el cual se adaptará el método de pronóstico, es decir, el largo, el mediano o el corto plazo. El segundo aspecto es el número de periodos para el cual se desea el pronóstico, en este sentido se debe revisar para cuantos periodos adelante es confiable la técnica seleccionada.

- **Patrón de datos:** para cada técnica de pronósticos existe un supuesto sobre el patrón de comportamiento de los datos analizados que corresponde a factores tendenciales, estacionales, cíclicos o con fluctuaciones alrededor de un promedio.
- **Costo:** para desarrollar una técnica de pronósticos se deben tener en cuenta básicamente los costos de desarrollo, preparación de datos y operación real. Este factor puede influir en la decisión sobre la selección de la técnica.
- **Precisión:** se refiere al nivel de detalle en la precisión de la proyección del pronóstico.

3.1.2 Técnicas para completar serie de datos²

Un requisito para utilizar las técnicas de pronósticos es el de contar con series históricas completas que reflejen el verdadero comportamiento de los datos para así realizar predicciones cercanas a la realidad. Cuando en ocasiones no es posible contar con la información completa de uno o varios periodos de tiempo para su estudio, es necesario buscar la explicación a ese o esos espacios vacíos presentes en los históricos, para comprobar que la ausencia de datos no corresponda al patrón de comportamiento de la serie.

Para un ejemplo de esta situación; Si una serie de datos que refleja las ventas de una organización presenta algunos periodos en cero, se debe investigar y constatar en primer lugar la razón de la no presencia de salidas o ventas de sus productos, si se detecta que el evento, se debe al comportamiento estacional de

² MAKRIDAKIS, Spyros; WHEELWRIGTH, Steven. Métodos de Pronosticos. 1ra edición. México.: Editorial Limusa S.A.de C.V. 2007. 108p.

la demanda de los clientes o al comportamiento estacional de la oferta del producto, estos factores se deben incluir para realizar los respectivos ajustes o correcciones que sean necesarios en el desarrollo de la técnica de pronóstico.

Por el contrario, las ausencias de ventas en estos periodos se deben a factores ajenos al mercado del producto, como problemas de abastecimiento o problemas de calidad de la mercancía, son circunstancias que no influyen en el comportamiento de la demanda, es decir, aunque la organización no tenga la disponibilidad de producto la demanda de los clientes es la misma. En estas situaciones los espacios vacíos se deben completar mediante alguna metodología que permita establecer un dato aproximado que no dañe la serie y se ajuste a la demanda de los productos.

Para completar las series de datos se debe contar con la información suficiente para aplicar métodos que puedan llenar los espacios vacíos sin dañar el patrón de comportamiento de la serie. Normalmente la falta de información se puede compensar con la experiencia de las personas que conocen el comportamiento histórico de los datos y de esta forma estimar cantidades que completen los espacios vacíos. Sin embargo existen métodos que no están basados en la subjetividad que funcionan de igual forma para este tipo de situaciones. La técnica utilizada se explica continuación:

- **Descomposición Estacional:** la descomposición se utiliza para identificar los componentes de tendencia, cíclicos y estacionales de una serie de datos. El proceso supone que un dato está conformado así:

$$\text{Datos} = \text{Patrón} + \text{Error}$$

Y que el patrón se compone de Tendencia (T), Ciclo (C) Y Estacionalidad (S). El método más utilizado de la descomposición estacional es el **Método Multiplicativo**; Y la siguiente es su representación matemática:

$$X(t) = S_T * T_t * C_t * R_t$$

Dónde:

Componente Estacional (S_t): Son las oscilaciones cuasi-cíclicas de media cero, las que tienen periodicidad anual o de un múltiplo del año (Semestre, Trimestre, Bimestre, Mes); Y se conocen como oscilaciones estacionales.

- **Componente Tendencial (T_t):** Es el componente que recoge la parte de la variable vinculada principalmente con factores de largo plazo.
- **Componente Cíclico (C_t):** son las oscilaciones con periodicidad entre año y medio hasta diez años, dependiendo de la definición del ciclo que se utilice. Suelen ser menos frecuentes y menos sistemáticas que las estacionales.
- **Componente Irregular (R_t):** Son oscilaciones no sistemáticas que en general afectan a la serie de datos en el momento en que ocurren y normalmente tienen una estructura puramente aleatoria.

Para aplicar la técnica se realiza al grupo de datos un promedio móvil centrado con una longitud igual a la longitud del ciclo estacional luego se divide el promedio móvil entre los datos para obtener el valor estacional:

$$\frac{X}{MA} = \frac{T * C * S * R}{T * C} = (S * R)$$

Donde \hat{X} es el dato de la serie y MA el promedio del periodo. El factor $S * R$ representa la razón de cada periodo por el cual se multiplica el promedio móvil para obtener un pronóstico del dato requerido.

$$\hat{X} = (S * R) * MA$$

3.2 GESTIÓN DEL ABASTECIMIENTO

La gestión de abastecimiento es crucial para alcanzar el éxito en la reducción del costo de la cadena de valor. Se deben seleccionar e integrar a los proveedores para mejorar la calidad y reducir el costo de la materia prima, insumos o servicios. Esta gestión no sólo incluye la selección y gestión de proveedores de mercancías y servicios, sino a la vez, la negociación de precios y términos de compra, exigiendo calidad.

Son los clientes los que determinan las estimaciones futuras de ventas, a partir de la conducta de consumo que éstos poseen, las organizaciones estiman ventas para vender, y programan la producción y el abastecimiento para la satisfacción del cliente.

Se debe observar el pronóstico de demanda y la gestión de inventarios para lograr optimizar el abastecimiento. En ninguna etapa de la cadena de suministro se debe sub-optimizar. Se debe establecer el criterio para la selección de proveedores, que varía dependiendo del tamaño y naturaleza del negocio, estrategias y necesidades específicas. Pero existen diversos criterios comunes para todas las organizaciones, siendo los fundamentales la calidad, el precio, el plazo de entrega, la cantidad y el servicio ofrecido (Gutiérrez y Prida, 1998).

3.3 GESTIÓN DE LOS INVENTARIOS

Se entiende por Gestión de Inventarios, todo lo relativo al control y manejo de las existencias de determinados bienes, en la cual se aplican métodos y estrategias que pueden hacer rentable y productivo la tenencia de estos bienes y a la vez sirve para evaluar los procedimientos de entradas y salidas de dichos productos.

En la Gestión de Inventarios están involucradas tres (3) actividades básicas a saber:

3.3.1 Determinación de las existencias:

Hace referencia a los procesos necesarios para consolidar la información a las existencias físicas de los productos a controlar y podemos detallar estos procesos como:

- Toma física de inventarios.
- Revisión de disponibilidad de producto en software de Control (**ERP – J.D Edwards**).
- Evaluación a los procedimientos de recepción y ventas.
- Conteos cíclicos.

3.3.2 Análisis de inventarios:

La cual está referida a todos los análisis estadísticos que se realicen para establecer si las existencias que fueron previamente determinadas son las que deberíamos tener en nuestra planta, es decir aplicar aquello de que "nada sobra y nada falta", pensando siempre en la rentabilidad que pueden producir estas existencias.

3.3.3 Control de producción:

La cual se refiere a la evaluación de todos los procesos de manufactura realizados en el departamento a controlar, es decir donde hay transformación de materia prima en productos terminados para su comercialización, los métodos más utilizados para lograr este fin son:

- MPS (Plan maestro de producción).
- MRP (Planeación de requerimientos de materiales)

3.3.4 Plan maestro de producción (M.S.P)³

El plan maestro de producción (**MPS - Master Production Schedule**) especifica **qué, cuándo y cuántos** elementos o productos terminados deben producirse en determinado período. Se basa en los resultados arrojados por la planeación agregada de la producción pero la programación se hace para productos individuales en vez de familias de productos y se programa para lapsos de tiempo más cortos, normalmente días o semanas. En este plan las cantidades representan producción y no demanda, es decir, las cantidades a producir no necesariamente coinciden con la demanda ya que pueden influir estrategias o políticas que tome la compañía en cuanto a niveles de inventarios, fuerzas de trabajo y tamaño de los lotes de producción, entre otros. Dichas cantidades a producir pueden ser una combinación de órdenes de clientes y datos pronosticados.

En el Plan Maestro de producción las cantidades expresan lo que se necesita producir, no lo que se puede producir. Consideraciones acerca de la capacidad ya han sido tenidas en cuenta para la elaboración de la planeación agregada o serán evaluadas luego de obtener los resultados del MPS; solo al elaborar el MRP se

³ SIPPER, Daniel; BULFIN, Robert L. Planeación y Control de la Producción. 1ra edición. México.: Editorial Mc Graw Hill- Interamericana. 353p.

puede evaluar la factibilidad de MPS y se determina si es necesario hacer correcciones al mismo.

Es también importante tener en cuenta que el tipo de producción puede tener dos configuraciones:

- **Producción por lote:** La cantidad a producir es variable ya que no se produce de acuerdo a la cantidad pedida.
- **Producción por lotes:** Se define un tamaño o de lote y siempre se debe ordenar en múltiplos de esta cantidad.

Pueden encontrarse en la academia y en la práctica distintos tipos de enfoques de producción. Dicho enfoque depende de las características de la empresa o de los productos.

- **Fabricación para Inventario:** También conocida como MTS (**Make to stock**). Las empresas que trabajan bajo este enfoque producen sus productos por lotes para mantener cantidades de producto final en inventario y así responder rápido a los requerimientos de los clientes.
- **Fabricación sobre pedidos:** Conocida como MTO (**Make to Order**). Las empresas que fabrican bajo pedido no manejan inventarios de productos terminados sino que elaboran productos en la medida que el cliente lo necesita, pueden trabajar lote por lote o por lotes.
- **Ensamble para Inventario:** También ATS (**Assemble to Stock**). Aplica para empresas que tengan muchas posibles configuraciones de productos a partir de componentes básicos y sub-ensambles.

Se pueden encontrar combinaciones de los enfoques de producción, por ejemplo producir el máximo entre la cantidad a fabricar para inventario o la cantidad a fabricar bajo pedido, MAX (MTS: MTO); o se puede optar por fabricar la suma de

las cantidades de fabricación para inventario y las cantidades de fabricación bajo pedido, (MTS+MTO). En la figura 7 se puede ver una estructura básica del MPS.

Figura 7: Estructura básica del desglose de un MPS.

		Política de pedido=	200
		Tiempo de entrega=	1
MPS			
Dolphyccino	Trimestre 3		
Cantidad a la mano= 250	Julio	Agosto	Septiembre
Pronostico	183	240	220
Pedidos de los clientes (registrados)	193	241	234
Inventario proyectado a la mano	57	16	182
Cantidad en el MPS	0	200	400
Inicio del MPS	200	400	

Fuente: Adaptado de SIPPER, Daniel y BULFIN, Robert L. Planeación y Control de la Producción. Mc Graw Hill. Pág. 353

- **F_t**: Representa el pronóstico para el período. En este caso no hay valores asignados al pronóstico.
- **O_t**: Cantidades a fabricar correspondientes a las órdenes de los clientes.
- **I_t**: Inventario disponible al final del período.

$$I_t = I_{t-1} + Q_t \approx F_t \text{ (5); Para producción para inventario}$$

$$I_t = I_{t-1} + Q_t \approx O_t \text{ (6); Para producción bajo pedido.}$$

- **Q_t** o **MPS**: Cantidad de artículos finales cuya producción debe completarse al final de período.

Los datos obtenidos en el MPS son las entradas del MRP.

3.3.5 Planeación de requerimientos de materiales (M.R.P)⁴

La planeación de requerimientos de materiales (MRP) es un sistema de planeación de producción y compras. Un sistema MRP trabaja con base en los dos parámetros básicos del control de producción:

- El horizonte de tiempo.
- Las cantidades a producir.

El sistema debe de ser capaz de calcular las cantidades a fabricar de productos terminados, de componentes necesarios y de las materias primas a comprar para poder satisfacer la demanda. Además, debe considerar cuándo se deben liberar órdenes de compra o producción para cada artículo con el fin de entregar la cantidad completa en la fecha indicada.

Para el desarrollo de un sistema MRP se deben tener en cuenta unos requerimientos de producto terminado, que corresponden a los resultados arrojados por el plan maestro de producción (MPS).

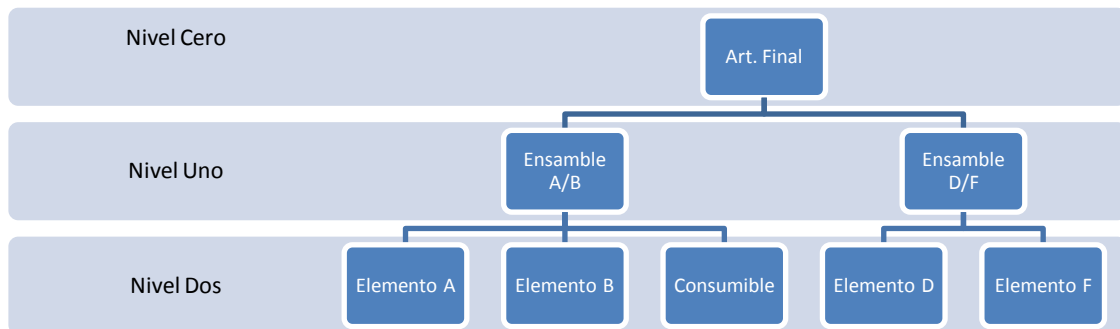
Además, es importante conocer la lista de materiales, el registro inventarios y el tiempo de reaprovisionamiento (Lead time) para cada producto, con el fin de crear una programación del tiempo y el número de unidades necesarias en esta etapa del proceso.

La lista de materiales (**Bill of Materials**) es un diagrama que muestra la secuencia en la que se fabrican y ensamblan las materias primas, las partes que se compran y las su ensambles necesarios para formar el producto final. Cada elemento de la

⁴ SIPPEN, Daniel; BULFIN, Robert L. Planeación y Control de la Producción. 1ra edición. México.: Editorial Mc Graw Hill- Interamericana. 353p.

estructura del producto tiene asociado un número, el cual corresponde a la cantidad de unidades necesarias para un producto final.

Figura 8: Estructura genérica de la lista de materiales para un producto.



Fuente: Autor. Modificado de SIPPEN, Daniel y BULFIN, Robert L. Planeación y Control de la Producción. Mc Graw Hill. Pág. 357.

Los registros de inventarios corresponden al seguimiento que se realiza al inventario e indican la disponibilidad del producto en determinado momento. Estos registros incluyen tiempos de entrega, inventarios de seguridad, tamaños de lote, desperdicios permitidos; cada uno de estos factores se debe tener en cuenta para la planeación. El registro de inventarios retroalimenta constantemente el sistema, algunos métodos que se utilizan son EOQ, EPQ o modelos heurísticos como **Silver Meal** y Balance Periodo Pieza.

La salida más importante de un sistema MRP es el conjunto de liberación de órdenes que se generan. Estas pueden ser de dos tipos: órdenes de compra que indican la cantidad y el período en que deben ordenarse las materias primas e insumos; y las ordenes de producción que indican el período y la cantidad de

piezas que deben comenzar el proceso de fabricación para obtener el producto final en la fecha requerida.

Para obtener el plan de producción y compras en términos de tiempos y cantidades, un sistema MRP transforma los insumos en salidas o productos, esto lo realiza por medio de una serie de pasos en forma sistemática.

La siguiente figura, es el registro que se debe llenar para realizar el proceso de explosión de materiales, el cual simula el desensamble del producto final en sus componentes. Con la cantidad del MPS y la información de la lista de materiales se desciende atreves de la estructura del producto.

Figura 9: Estructura del MRP.

Explosión MRP completa

Nivel	Semana									
	Actual	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	12	Ensamble de la base:								
				600	1000	1000	2000	2000	2000	2000
				400	400	400				
		800	1200	1000	400	2400	400	1400	2400	400
						600	2000	2000	2000	2000
						3000		3000	3000	
2	121	Caja S/E:								
					3000		3000	3000		
					2500		3000	3000		
		500	500	500	2500		3000	3000		
					2500		3000	3000		
				2500		3000	3000			
3	123	Tapete de hule:								
				12 000		12 000	12 000			
				10 000						
		15 000	15 000	25 000	13 000	13 000	1000		11 000	
								11 000		
							11 000			
3	1211	Teclado:								
				2500		3000	3000			
					200	200				
		1200	2700	200	200	2800	3000			
						2800	3000			
					2800	3000				

Legenda: Los números en negritas denotan el balance de inventario proyectado con ajuste por recepciones planeadas.
 _ denota datos iniciales dados.

Fuente: Tomado de SIPPER, Daniel y BULFIN, Robert L. Planeación y Control de la Producción. Mc Graw Hill. Pág. 363.

Esto da los requerimientos netos para cada elemento de la lista de materiales.

- **Requerimientos en Conjunto:** También conocida como necesidades brutas. Indica la cantidad de producto que se requiere para un período. El MRP considera estas necesidades como los resultados obtenidos en el plan maestro de producción para los productos terminados, y para sub-ensambles, insumos y materias primas se toma la información de liberación planeada, teniendo en cuenta la lista de materiales.
- **Recepciones Programadas:** Son unidades de producto terminado que se espera lleguen al final del período. No son producidas dentro de la empresa o pueden ser cantidades que ya habían sido programadas.
- **Balance de Inventario Proyectado o Inventario Disponible:** Corresponde para el primer período al inventario inicial que se tiene de cada producto, materia prima o insumo. Para los demás períodos se calcula:

$$\text{Inventario Disponible} = \text{RP}_i + \text{RPr}_i + \text{I}_{(i-1)} - \text{NB}_i$$

Dónde:

RP_i =Recepciones planeadas del período i.

RPr_i = Recepciones programadas del período i.

$\text{I}_{(i-1)}$ = Inventario disponibles del período anterior.

NB_i = Necesidades brutas del período i.

- **Requerimientos o Necesidades Netas:** Indica la cantidad que se necesita producir para el final del período. Para cada uno de los períodos se calcula:

$$\text{Necesidades Netas}_i = \text{NB}_i + \text{SS} - I_{(i-1)} - \text{RPr}_i$$

Dónde:

NB_i = Necesidades Brutas del período i

SS = Inventario de seguridad

I_(i-1) = Inventario disponibles del período anterior

RP_{ri} = Recepciones programadas del período i

- **Liberación de Órdenes Planeadas:** Estas son las órdenes de trabajo o de compras obtenidas a partir de los cálculos del MRP. Se calculan de acuerdo a las necesidades netas, teniendo en cuenta el tamaño de lote establecido, el factor de aprovechamiento y el tiempo de reaprovisionamiento (Lead time). La cantidad a ordenar corresponde a las necesidades netas aproximadas de acuerdo al tamaño de lote, y el factor de aprovechamiento determina el número de unidades de más que se deben ordenar para que lleguen las necesarias. El cuándo se debe ordenar lo determina el tiempo de reaprovisionamiento (Lead time), es decir, cuantos períodos antes debe hacerse el pedido para que llegue a tiempo.
- **Recepciones Planeadas:** Son la unidades que realmente llegan de producto terminado, de insumos y materias primas. Se calcula de acuerdo a las órdenes de liberación planeada teniendo en cuenta el factor de aprovechamiento.

3.3.6 Función de los inventarios:

Es importante mencionar que los inventarios son vitales para la salud de la empresa, por lo tanto su función es vital ya que:

- Ayuda a la independencia de la relación operación – continuidad de las variaciones de demanda.
- Determina condiciones económicas de aprovisionamiento.
- Determina las óptimas secuencias de operaciones.
- Hace uso óptimo de la capacidad productiva.

3.3.7 Tipos de inventarios:

De acuerdo a las características físicas de los objetos a contar, pueden ser de los siguientes tipos:

- **Inventarios de materia prima o insumos.**
- **Inventarios de materia semi-elaborada o productos en proceso.**
- **Inventarios de productos terminados:** Son aquellos donde se contabilizan todos los productos que van a ser ofrecidos a los clientes, productos aptos para la venta.
- **Inventarios de materiales para soporte de las operaciones, o piezas y repuestos:** Hacen posible las operaciones productivas de la misma.

Según (Ballou, 2004); Existe otra clasificación de inventarios que se refiere a la concepción logística del mismo, los cuales son los siguientes:

- **Inventarios Cíclicos o de Lote:** Se generan al producir en lotes no de manera continua. Por ejemplo cuando un tornero acumula piezas hasta completar un lote que será enviado al fresado o al siguiente proceso. Estos inventarios facilitan las operaciones en sistemas clásicos de producción, porque permiten que el sistema productivo no se detenga.
- **Inventarios Estacionales (por estación):** Son aquellos donde se contabilizan los productos que poseen demandas que dependen de alguna estación o

periodo de tiempo específico. Un ejemplo de estos puede ser: los paraguas, los juguetes y los artículos de moda.

- **Inventarios de Seguridad:** Se generan para amortiguar variaciones en la demanda o para cubrir errores en la estimación de la misma. Estos inventarios derivan del hecho de que la demanda de un bien o servicio proviene usualmente de estudios de mercado que difícilmente ofrecen una precisión total.
- **Inventarios Especulativos:** Estos se derivan cuando se espera un aumento de precios superior a los costos de acumulación de inventarios, por ejemplo, si las tasas de interés son negativas o inferiores a la inflación.

3.3.8 Clasificación ABC⁵:

La clasificación ABC es utilizada para el control de inventarios, se trata de clasificar los materiales en tipo A, B o C según un criterio y un porcentaje establecido. Se puede clasificar los materiales por valor de inventario, por valor de venta, por valor de consumo, por cantidad consumida o el criterio que se desee. Lo que se trata es que los materiales tipo A sean los más importantes según el criterio seleccionado, los tipo B los intermedios y los tipo C los menos importantes.

La regla 80-20 de Pareto determina que el 80% de la participación de los productos con respecto al criterio seleccionado, es representado por tan solo un 20% del total de ellos. La participación restante está dada por los productos de clasificación B y C, donde el 15% son clasificación B y el 5% faltantes son de categoría C.

Esta técnica se utiliza especialmente en la Gestión de Inventarios, análisis de productos, análisis de ventas, análisis de clientes, entre otros. Con este sistema se

⁵ HERNANDEZ, Yasmely. EL SISTEMA DE COSTOS BASADO EN LAS ACTIVIDADES. (Artículo en internet). <http://www.gerencie.com/costos-abc.html>. [Consulta: 5 de enero de 2013]

pretende que el costo y el manejo del inventario disminuyan. Además puede proporcionar una rotación de inventario más frecuente, incremento en las ventas y reducción de sistemas de trabajo que disminuyen costos. El manejo de los artículos que se encuentran en el **inventario A** es de vital importancia, ya que estos son los que determinan en gran parte la asignación de costos en el proceso productivo y determinan en un alto grado el nivel de eficiencia y eficacia de la gestión financiera. (Buffa, 1992).

3.3.9 Control de inventarios de ítems individuales con demanda probabilística⁶.

Para el análisis de los casos en que la demanda en estudio presenta un comportamiento probabilístico, existe un concepto clave que es el Inventario de Seguridad (Safety Stock – “SS”), el cual protege contra las posibles fluctuaciones de la demanda y del tiempo de reabastecimiento (Lead Time), para lograr diseños de pronósticos que cambien dinámicamente los parámetros que fluctúen a lo largo del tiempo.

3.3.9.1 Control de inventarios con tiempos de reposición aleatorios.

En la vida real, el tiempo de reposición **L** rara vez puede considerarse constante.

El grado de aleatoriedad de este tiempo depende de muchos aspectos, tales como la disponibilidad del proveedor y el medio de transporte utilizado. Hay dos formas de considerar la variabilidad del tiempo de reposición. En la primera forma se mide la demanda real sobre cada tiempo de reposición **L** (o sobre cada tiempo de reposición más el intervalo de revisión del intervalo, **R + L**), y se utilizan los datos para estimar X_L (ó X_{R+L}) y σ_L (ó σ_{R+L}). La segunda forma es asumir que el tiempo de reposición **L** y la rata de demanda **D** son variables aleatorias independientes.

⁶ VIDAL HOLGIN, Carlos Julio. Fundamentos de gestión de inventarios. 3 Ed. Santiago de Cali, Colombia: Universidad del Valle, 2005. 132p.

En la realidad puede que exista cierta correlación entre dichas variables. Por ejemplo, puede que exista correlación positiva, como en el caso de alta demanda, la cual genera una alta carga para el proveedor, el cual probablemente tardará más tiempo en satisfacer el pedido. Puede también existir correlación negativa, para bajas demandas, con lo cual el proveedor probablemente deberá esperar hasta acumular cierto número de pedidos para satisfacer su tamaño de lote mínimo que le permita producir y/o despachar rentablemente. Cada caso en particular debe ser analizado; sin embargo, si estas dos situaciones de alta o baja demanda no se presentan muy a menudo, el supuesto de independencia es razonable.

Defínase, entonces, en este caso:

d = Rata de demanda, en unidades por unidad de tiempo.

$E(d)$ = Valor esperado de la rata de demanda, en unidades por unidad de tiempo.

σ_d = Desviación estándar de la rata de demanda, en unidades.

x = Demanda aleatoria durante el tiempo de reposición, en unidades.

$E(x)$ = Valor esperado de la demanda durante el tiempo de reposición, en unidades.

σ_x = Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de reposición, en unidades.

LT = Tiempo de reposición aleatorio, en unidades de tiempo. (Nota: Se ha cambiado la notación del Lead Time de ' L ' a ' LT ' para evitar confusiones de notación entre σ_L y σ_{LT} .)

$E(LT)$ = Valor esperado del tiempo de reposición, en unidades de tiempo.

σ_{LT} = Desviación estándar del tiempo de reposición, en unidades de tiempo.

$$E(x) = E(LT) * E(d)$$

$$\sigma^2 = \sqrt{E(LT)\sigma^2 + E(d)^2\sigma_{LT}^2}$$

Todas las expresiones desarrolladas en este capítulo son válidas para este caso, teniendo en cuenta que se debe utilizar $E(x)$ en lugar de \hat{X}_L y σ_x en lugar de σ_L .

3.3.10 Costos para una política de Inventarios⁷

Para una política de inventarios es importante determinar para los productos el costo que causa su adquisición y manejo durante el tiempo que se encuentra bajo el control de la organización. Esencialmente se deben conocer los costos de pedir y el costo de mantener de los productos.

El costo de adquisición de los productos se calcula mediante la suma de los rubros causados debido al procesamiento, ejecución, transmisión, manejo y compra del pedido. En esta categoría se pueden incluir el precio, el costo de procesar un pedido a través de los departamentos de contabilidad y compras; el costos de transmitir el pedido al punto de suministro; el costo de transportar el pedido cuando los cargos no están incluidos en el precio de compra; y el costo de cualquier manejo o procesamiento de materiales de los artículos en el punto de recepción.

Los costos de mantener inventario resultan de guardar los artículos durante un periodo y son bastante proporcionales a la cantidad promedio de artículos disponibles. Estos costos pueden ser considerados en cuatro clases: costo de espacio, costos de capital, costos de servicio de inventario y costos de riesgo de inventario y se describen a seguir.

⁷ BALLOU, Ronald. Logística Administración de la cadena de suministro. 5ta edición. México. Editorial Pearson Educación. 2004. 338p.

- **Costo de espacio:** son cargos hechos por el uso del volumen dentro del edificio de almacenamiento. Cuando este espacio es rentado, las tasas de almacenamiento se cargan normalmente al producto por peso durante un periodo. Si el espacio se posee de manera privada o por contrato, los costos de espacio se determinan mediante la distribución de los costos de operación relacionados con el espacio (servicios públicos), así como los fijos, como costos de los equipos sobre una base de volumen almacenado.
- **Costo de capital:** Se refiere a los recursos monetarios en conexión directa con el inventario. El costo de capital puede calcularse mediante la tasa promedio de recuperación de la inversión.
- **Costos de servicio de inventario:** Surgen por la compra de seguros a la mercancía y el pago de impuestos aplicado al promedio de existencias.

Costo de riesgo de inventario: Están relacionados con el deterioro, pérdida, robo, daño u obsolescencia de la mercancía.

3.4 SIMULACIÓN⁸

3.4.1 Definición de simulación

Es la disciplina del diseño y representación ficticia de situaciones reales, por medio de elementos matemáticos y tecnológicos en la cual se experimenta a través de un modelo que constituye una abstracción de la realidad; con el objetivo de comprender el comportamiento del sistema y evaluar de esta manera diferentes tipos de estrategias para su mejor operación. El requisito previo es poseer un

⁸ Azarang, M. R. y García Dunna, E. Simulación y Análisis de Modelos Estocásticos. México.: Editorial Mc GrawHill Interamericana de México, S.A. de C.V. 1996.

nivel amplio de conocimiento del sistema real en cuanto a los problemas, sus elementos, relaciones y metas.

Aquellos que se ven enfrentados a un problema susceptible de ser simulado deberán entender muy bien las condiciones reales dentro del cual se encuentra inmerso la problemática y sus características, para de esta manera visualizarlas como un sistema.

Dada la complejidad de los sistemas reales, es de vital importancia construir modelos simplificados de los sistemas que contengan parámetros, variables, datos y relaciones que sean lo más próximos a la realidad, con el fin de experimentar alternativas factibles de solución al problema de dichos modelos.

3.4.2 Tipos de simulación

Dependiendo de cómo trabajen dicho sistemas dentro de la aplicación matemática, estos se pueden categorizar de la siguiente manera:

3.4.2.1 Sistemas Estáticos o Dinámicos

El comportamiento Estático representa un resultado bajo un conjunto de situaciones o condiciones determinadas en un punto específico de tiempo, frecuentemente involucra muestras variables para generar un resultado estadístico. La simulación de sistemas dinámicos representa el cambio de un sistema en particular dentro de un periodo de tiempo transcurrido. La simulación dinámica es muy utilizada para el análisis de sistemas de manufactura y servicios.

3.4.2.2 Sistemas Estocásticos o Determinísticos

La simulación estocástica presenta una o más de las variables de entrada de tipo aleatorio. Este tipo de simulación conduce a la obtención de resultados aleatorios,

por lo tanto los resultados obtenidos son simplemente una muestra del comportamiento de cómo el sistema podría comportarse bajo una serie de condiciones de entrada previamente establecidas. Aquella simulación que no posee componentes de entrada de tipo aleatorio es considerada como Determinística, donde existe una relación constante entre los cambios de las variables del modelo.

Los resultados obtenidos en una simulación de este tipo siempre van a ser los mismos, sin depender del número de veces que la simulación sea corrida.

3.4.2.3 Modelos Discretos o Continuos

Los modelos discretos son aquellos en los cuales el estado de las variables cambia únicamente en un conjunto de puntos aleatorios del tiempo. Usualmente el cambio de estado de un modelo ocurre cuando un evento determinado ocurre. En la simulación continua, el estado de las variables cambia continuamente con respecto al tiempo y el comportamiento de estas variables es descrito mediante ecuaciones diferenciales.

3.5 Variables Aleatorias

3.5.1 Métodos para probar números aleatorios

Existen algunos métodos disponibles para verificar varios aspectos de la calidad de los números pseudo-aleatorios. Si no existiera un generador particular de números aleatorios disponible, se le recomienda al analista usar estos métodos cuando se realice una simulación.

Las dos propiedades más importantes esperadas en los números aleatorios son uniformidad e independencia. La prueba de uniformidad puede ser realizada usando las pruebas de ajuste de bondad disponibles. Por ejemplo, un número

estadístico suficiente de números aleatorios pueden ser usados para verificar la distribución de los números contra la distribución uniforme teórica.

3.5.1.1 Prueba de Frecuencias

Una prueba básica que siempre será desarrollada para validar un nuevo generador es la prueba de uniformidad. Dos métodos de pruebas disponibles. Estas son las pruebas Kolmogorov-Smirnov y la prueba Chi-Cuadrada. Ambas pruebas miden el grado de ajuste entre la distribución de una muestra de números aleatorios generados y la distribución uniforme teórica. Ambas de estas Pruebas están basadas en la Hipótesis Nula de que no existe diferencia entre la distribución de la muestra y la distribución teórica.

- **La prueba de Kolmogorov-Smirnov**

Esta prueba compara la “pdf” (función de densidad de probabilidad), $F(x)$, de la distribución uniforme con el pdf empírico, $S_n(x)$, de una muestra de N observaciones.

Por definición: $F(x) = x, 0 \leq x \leq 1$

Conforme N crece, $S_n(x)$ deberá tener una mejor aproximación de $F(x)$, dado que la hipótesis nula sea verdadera.

$$S_n(x) = \frac{\text{numero de } R_1, R_2, \dots, R_N \text{ donde son } \leq x}{N}$$

La prueba Kolmogorov-Smirnov está basada en la desviación máxima absoluta entre $F(x)$ y $S_n(x)$ sobre el rango de e la variable aleatoria- Esto es, basado en la estadística:

$$D = \text{Max} | F(x) - S_n(x) |$$

La distribución de la muestra D es conocida y es tabulada como una función de N en la tabla Kolmogorov-Smirnov. Para probar contra una pdf uniforme, el procedimiento sigue los pasos siguientes:

Paso 1: Ordene los datos en forma ascendente. Sea R_i , la i^{va} más pequeña de la observación, tal que se proceda al paso 2.

Pasó 2: Usando la fdp teórica $R_1 \leq R_2 \dots \leq R_N$ $F(x)$, se calcula:

$$D^+ = \text{Max}_{1 \leq i \leq N} \left[\frac{i}{N} - R_i \right] \quad D^- = \text{Max}_{1 \leq i \leq N} \left[R_i - \frac{i-1}{N} \right]$$

- **Prueba Chi-Cuadrada**

La prueba Chi-Cuadrada en lugar de medir la diferencia de cada punto entre la muestra y la desviación verdadera, checa la desviación del valor esperado.

$$x^2 \text{Calculada} = \sum_{n=1}^n \left(\frac{(O_i - E_i)}{E_i} \right)^2$$

Donde n es el número de intervalos de clase (ejemplo: O_i es el número observado en la clase i^{va} , y E_i es el número esperado en cada clase i^{va} , y n es el número de clases. Para una distribución uniforme, E_i , el número en cada clase está dado por:

$$E_i = N/n$$

Nota: Para clases igualmente espaciadas, donde N es el número total de observaciones. Puede ser mostrado que la distribución de la muestra Chi-Cuadrada esta aproximadamente a la distribución Chi-Cuadrada con n-1 grados de libertad.

4. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE ABASTECIMIENTO Y GESTIÓN DE INVENTARIOS A CORPACERO S.A

Para dar inicio a este capítulo, se debe visualizar de manera global el proceso de abastecimiento de materia prima y producto terminado. Para dar paso a la descripción detallada por procesos.

Figura 10: Proceso de abastecimiento de materia prima comprada y consumo en el Área de Producción.



Figura 11: Proceso de abastecimiento de producto terminado.



Fuente: Autor del proyecto.

4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ABASTECIMIENTO

Para la descripción y el diagnóstico de la gestión de abastecimiento y sus procesos relacionados en Corpacero se tuvo en cuenta la información suministrada por cada uno de las áreas de la organización que están directamente ligadas a estas actividades. Entre ellas:

- Gerencia General.
- Área Comercial.
- Área de logística Internacional.
- Área de logística General.
- Área de compras.
- Área de producción.

Para entrar en detalles el proceso de abastecimiento adoptado por Corpacero S.A es del tipo denominado **“Por impulso de plan de producción y programa de stock máximos”** que comienza con la siguiente secuencia de actividades:

4.1.1 Presupuesto global de ventas:

Es la representación de la estimación general de las ventas, en términos monetarios globales de las líneas de negocio conformadas por el portafolio de los productos ofrecidos por la organización. En cabeza del Gerente Corporativo Comercial se desarrollan anualmente más tardar el día 15 de Diciembre del respectivo año en curso, los presupuestos globales de ventas del siguiente año. Para efectos del desarrollo de este proyecto, el presupuesto de la línea de tubería es el presupuesto del cual se desglosan los planes de ventas de las familias Tipo Conduit específicamente Tubería EMT, Tubería IMC Y Tubería pesada RIGID.

4.1.1.1 Gerente Corporativo Comercial:

Entre las funciones relacionadas directamente con el proceso de abastecimiento están:

- Garantizar el estudio y la generación del presupuesto global anual de ventas para la organización.
- Garantizar la generación mensualmente de los planes de ventas de cada una de las unidades de negocio ofrecidas por la organización.
- Garantizar el estudio y la generación de los pronósticos trimestrales ajustables mensualmente de todos y cada uno de los productos pertenecientes a las líneas de negocio.
- Garantizar la revisión y ajuste periódico de los niveles de inventarios necesarios para garantizar un nivel de servicio al cliente, en contraste con las metas establecidas por la organización.
- Generar, controlar y revisar periódicamente los niveles de ventas de las referencias de rotación (A, B, C); Para detectar cambios significativos de los comportamientos de consumo y ventas en el mercado.

4.1.2 Plan de ventas:

Es el desglose del presupuesto global en las distintas unidades de negocio del portafolio de productos en oferta por la organización, de la unidad de negocio de tubería se extrae los estimados de tubería Conduit, en sus respectivas discriminaciones por familia y diámetro de referencia. Lo que facilita el análisis y la generación del plan de producción, efectuado por el área de producción y la sección de planeación de materiales.

4.1.3 Plan de stock de producto terminado (P.T):

Esta actividad hace referencia a la determinación por parte del área comercial en cabeza de **Gerente Corporativo Comercial**; El establecer y determinar los

niveles o cantidades de producto terminado para inventarios de cada uno de los productos que conforman las distintas líneas de negocio.

Esto puede presentar excepciones en productos de baja rotación como los de tipo C o inclusive referencia de tipo B. Esto provocado principalmente por efectos de cambio en las necesidades en el medio, presencia de nuevos productos o productos sustitutos presentes en el mercado.

4.1.4 Plan de producción:

En esta etapa del proceso se transforman los requerimientos de ventas del área comercial, en información equivalente a cantidades, capacidades y niveles, como lo son:

- Cantidad Personal.
- Cantidad de maquinaria.
- Tasas de rendimiento.
- Prioridades de Producción.

Elementos que son necesarios y requeridos para cubrir las cantidades, requerimientos y los compromisos de entrega en tiempo solicitados por el área comercial.

4.1.4.1 Lista de materiales:

Está basado en un grupo de registros que evidencia todos los componentes necesarios para la fabricación de un producto, brindando de esta forma la información principal y adicional de vital importancia como las relaciones **Padre-Componente** y las cantidades de insumos necesarios según el área de producción.

4.1.4.2 Explosión MRP:

Toma los requisitos generales del grupo de productos finales y se convierten en programas de reabastecimiento de materias primas, componentes, sub-partes e

insumos de fabricación. En esta etapa el responsable directo de los requerimientos de materia prima es el **Planeador de Materiales**. Y la culminación de este proceso nos arroja como resultado las cantidades en Unidades como: Toneladas, Kilogramos, Metros lineales, Galones de los distintos tipos de materia primas e insumos requeridos por el área de producción.

4.1.4.3 Planeador de Materiales en el proceso de abastecimiento:

Es el responsable de generar los requerimientos necesarios de materia prima para dar respuesta oportuna a las necesidades del área comercial desde el área de Producción. Esto se logra realizando revisiones periódicas mensualmente a los niveles de inventario y las respectivas disponibilidades producto terminado cruzados con los respectivos pronósticos de ventas y planes de ventas a ejecutar, además de modificaciones realizadas a los requerimientos de materia prima debido a las restricciones propias de los procesos productivos:

- Arranque y puesta en marcha de la maquinaria.
- Pruebas y ajustes de proceso.
- Niveles mínimo de desperdicio por proceso en la secuencia de producción.
- Niveles o cantidades mínimas requeridas para dar ejecución a las órdenes de producción dados los efectos contables de los mismos.

Revisado y validado por las áreas implicadas se genera el informe de requerimientos de materia prima; Informe entregado a revisión, análisis, consideración y aprobación de la Gerencia General, que toma como base para la aprobación del mismo. Entre los criterios de importancia para la toma de esta decisión; Tenemos:

- El alcance del presupuesto y sus respectivos planes de ventas por línea de negocio.
- Análisis de las fluctuaciones del Dólar en el mercado cambiario.
- Costos de la materia prima en el mercado nacional e internacional.
- Necesidades y consumo de acero a nivel nacional e internacional.
- Desarrollo de proyectos de consumo masivo de acero en el país.
- Desarrollo, puesta en marcha y ejecución de Proyectos de alto impacto a las ventas por parte de la organización.
- Planes de expansión de alguna referencia, línea de producto o segmentos de mercado específicos de importancia para la organización.

Entre otros criterios analizados, que no se estipulan en este estudio dado su confidencialidad e importancia por parte de la Gerencia General indispensables para la toma de esta decisión.

4.1.4.4 Restricciones de requisición:

Los requerimientos de materia prima se deben presentar en múltiplos de 20 Toneladas; Restricción dada por el proveedor debido a que las unidades de producto (Rollo o bobinas de acero laminado) suministrados presentan pesos promedios de 10 Toneladas.

En este punto hacemos énfasis en los requerimientos del acero en sus distintas especificaciones dado que para los productos o referencias en estudio, representan el 95% del material requerido para su fabricación. Y el restante 5% no genera valor agregado al estudio en general para algún elemento en posible situación de mejora por parte de esta investigación.

4.1.5 Plan de compras:

Consta de tres etapas, en la cuales se realizan y completan secuencialmente antes de la recepción de las órdenes de entrega por parte del proveedor.

- **Selección de proveedores:** Para el caso específico de Corpacero S.A, se ha logrado desarrollar una alianza estratégica con AcelorMittal[®], el cual es el principal proveedor de materia prima para la organización.
- **Análisis de cotizaciones:** Determinadas las cantidades de materias primas requeridas por la organización. En esta etapa del proceso interviene de forma vital el área de Logística Internacional. Área encargada de generar la documentación de compra, condiciones de entrega, tiempos de traslado y las respectivas cláusulas de cumplimiento acorde las condiciones de las partes.
- **Emisión de orden de compra:** Luego de la aprobación de la Gerencia General a los requerimientos de materia prima, y previamente revisado y validado por el área de Logística internacional.

Se procede a generar la orden de compra por parte del área de Compras, la cual es enviada a conformidad al proveedor AcelorMittal[®] el cual confirma la recepción de la misma e informa de manera inmediata la modificación de alguno de los requerimientos o condiciones de cualquier orden u órdenes de compra recibidas. De manera contraria si no se genera ningún cambio se reenvía la confirmación de la orden de compra, dando así inicio formal a la producción del material solicitados por Corpacero S.A.

4.2 PROCESO DE ABASTECIMIENTO, ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS

En este punto el proceso de abastecimiento se han realizado, aprobado y ejecutado todas las actividades relacionadas con la adquisición de las materias primas; Por lo que se dará descripción a las secuencia de eventos y etapas a la que estará sometida la recepción de la materia prima desde su pedido al proveedor hasta su recepción en la bodega de almacenamiento de materias primas en la planta de Corpacero S.A, en la ciudad de Bogotá.

Los ciclos establecidos por la Corpacero S.A; Sometidos a aprobación por la Gerencia General son 4 pedidos anuales con un periodicidad trimestral, los cuales no son variables, ni modificables por ninguna de las área de la organización. Para dar cumplimiento a estos ciclos de solicitud y recepción oportuna de las materias primas, se tiene que sincronizar los esfuerzos del área de comercial, producción, logística y compras de la siguiente manera:

Realizado el pedido y emitida la orden de compra por parte del área de Compras. El proveedor AcelorMittal® inicia el proceso de fabricación y alistamiento de los productos requerimientos por Corpacero S.A; AcelorMittal® tiene un lapso de 45 días calendario para el alistamiento, fabricación y preparación del despacho de los requerimientos de materia prima, de los distintos tipos de bobinas de acero laminado. Los cuales cumplen con las características físicas, propiedades estructurales, y especificaciones técnicas acordados.

Realizada la producción a conformidad los distintos tipos de material solicitados; Inicia la siguiente etapa del proceso que comprende un lapso de 10 días calendario, en los cuales el proveedor AcelorMittal® realiza la etapa de transporte de la materia prima a puerto, consolidación de carga y procesos aduaneros para

su respectivo transporte en buque desde puerto Praia Mole (Terminal de productos siderúrgicos ubicados en la ciudad de Vitória en el estado de Espírito Santo, sudeste de Brasil) hasta su desembarco en el puerto de Barranquilla-Colombia.

Trayecto que contempla un periodo de tiempo establecido de 15 días calendario para su respectivo desembarco en puerto, de lo contrario se ejercen las cláusulas de compromiso firmadas por las partes.

Luego del desembarco en el puerto de Barranquilla-Colombia, empieza la etapa de nacionalización de las materias primas la cual se ha estipulado con un periodo de tiempo de máximo 5 días, para el pago del impuesto de importación de acero como materia prima. En esta etapa la materia prima espera el proceso de nacionalización en la zona franca ubicada en la planta Corpacero S.A sede Barranquilla, para efectos de almacenamiento temporal.

Durante o concluido este periodo de legalización; El área de logística prepara el material para el traslado en lotes de despacho de aproximadamente 30 Toneladas, debido a restricciones de peso dadas por el cargue máximo de tracto-mulas de 5 ejes. Se da inicio al traslado continuó de toda la exportación de material hacia la planta Corpacero S.A sede Bogotá, con un tiempo de traslado estimado de 3 días para el trayecto Barranquilla-Bogotá.

Culminado la etapa de traslado, el material al llegar a sede Bogotá es recibido por el área de logística, sección de inventarios. La cual está encargada del proceso de recepción, registro, y actualización del inventario de materias primas de la organización.

4.3 DESCRIPCION DEL PROCESO DE GESTIÓN DE INVENTARIOS.

El proceso de reabastecimiento de todas las referencias requeridas para dar cumplimiento a los pronósticos y planes de ventas ejecutados por el área comercial; Interviene de manera muy activamente el **Planeador de materiales**, siendo este el cargo el que interviene como gestor de comunicación, enlace y puente entre las áreas relacionadas con los procesos de abastecimiento, producción y gestión de los inventarios.

En la etapa de abastecimiento el planeador de materiales es parte activa en el plan de producción, y responsable directo de la estimación y determinación del informe de los requerimientos de materia prima para dar cumplimiento a requerimientos y necesidades del área comercial, proceso anteriormente descrito en los procesos de abastecimiento.

4.3.1 Proceso de estimación y determinación de los niveles de Inventarios

Este proceso consta de dos etapas; Las cuales son secuenciales y necesarias una de la otra para la ejecución de la siguiente etapa en la estimación y determinación de los niveles de inventarios.

En la primera etapa de esta secuencia de actividades, Las necesidades del área comercial son dadas a conocer al área de producción de manera formal cuantificada y discriminada por referencias con su respectivo peso total en toneladas. Esta actividad de registro y análisis es responsabilidad del **Planeador de materiales**. Para el caso específico del desarrollo de este proyecto de mejora todos los pedidos de las tuberías pertenecientes a la familia de tipo Conduit.

La segunda etapa de este proceso hace referencia a una reunión con los funcionarios implicados en la gestión del abastecimiento en el área de producción,

estos cargos son el **Programador de producción** y el **Jefe de planta**; Con los cuales se realizan los respectivos y pertinentes análisis a lo solicitado por el área comercial. Modificando las cantidades de las referencias de ser necesario; Esto teniendo en cuenta muchos parámetros de vital importancia para el área de producción, de los cuales ya se han tocado a lo largo de la descripción del abastecimiento y gestión de inventarios entre otros como:

- Cantidades mínimas para puesta en marcha de centro de trabajo.
- Niveles mínimos de desperdicio inherentes al proceso propio de producción.
- Productos no conforme debido a ajustes de maquinaria.
- Utilización óptima del recurso humano y de los activos pertenecientes a la organización.
- Cantidad de materia prima asignada para la producción y cumplimiento de los requerimientos dados por el área de producción.

4.3.2 Planeador de materiales en el proceso de gestión de Inventarios

En esta etapa del proceso el **Planeador de materiales** es el responsable directo de las siguientes actividades:

- Realizar el análisis del M.P.S, para el análisis del plan de producción.
- Ajustar los lotes o las cantidades de productos terminados, a las restricciones propias del proceso productivo (Dado que algún u algunos requerimientos de pedidos, resultan no óptimos para llevar a cabo por el área de producción en los centros de trabajo).
- Generar y autorizar el plan de producción.
- Asignación de la ejecución del plan de producción al Programador de producción de la respectiva planta.

- Revisión y seguimiento al desarrollo y ejecución del plan de producción asignado.

4.3.3 Programador de producción en el proceso de gestión de inventarios

Dentro de las funciones asignadas al cargo de **Programador de producción** para dar cumplimiento óptimo a la gestión del inventario, tenemos las siguientes funciones:

- Determinar las respectivas cargas de trabajo para cada uno de los centros de trabajo en la línea de producción de tubería.
- Determinar y asignar las prioridades a las secuencias de producción dadas a cada centro de trabajo en la línea.
- Realizar el seguimiento diario a los niveles de producto terminado, garantizando disponibilidad de todos los productos ofrecidos por el área comercial.
- Informar de la ruptura de los niveles de inventario, para determinar las causas de la misma.
- Realizar informe mensual de los niveles de inventario, para determinar los niveles de rotación de producto.
- Control y seguimiento a los tiempos de producción, para el cumplimiento de las fechas de entrega por parte del área de producción.

4.3.4 Jefe de planta en el proceso de gestión de inventarios.

En desarrollo de las actividades para la efectiva gestión de los inventarios el **Jefe de planta** es el responsable de las siguientes funciones:

- Determinar los requerimientos de personal, para la operación de los centros de trabajo necesarios para desarrollar el plan de producción.

- Determinar basado en las cantidades de pedidos los turnos necesarios en los centros de trabajo.
- Validar la viabilidad de cumplimiento de las fechas de compromiso acordados con el área comercial.
- Garantizar el cumplimiento y seguimiento de las secuencias de producción diseñadas por el **Programador de producción**; Respetando las prioridades asignadas.
- Realizar informes periódicos de la culminación y entrega de los niveles de producto terminado, para dar cumplimiento a los requerimientos del área comercial.

4.4 PROCESO DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO TERMINADO

Culminado con éxito las proyecciones, planeación, programación y ejecución de las actividades productivas; Entra en acción la etapa final del proceso de gestión de los inventarios de productos terminados, el cual tiene como fin el proceso de gestión de almacenamiento del producto destinado a satisfacer las necesidades que requiere el mercado para dar logro a las políticas estratégicas de la organización, como lo es lograr cada vez mayores niveles de servicio y aumento sostenido de las ventas ampliando cada vez más la cuota de mercado.

En la búsqueda de esta meta; El área de producción hace la entrega de todos los productos generados por el plan de producción en respuesta a los requerimientos del área Comercial.

Pero la recepción, revisión, control y actualización de la disponibilidad de los productos en sus respectivas referencias es función asignada a la sección de inventarios.

La sección de inventarios es el responsable del adecuado manejo y custodia de las existencias de producto terminado, verificando la exactitud del registro de los bienes, y la integración de los datos que conforman el catálogo de productos que manejan las diferentes unidades de negocio, así como la información que conforma el detalle de los inventarios.

La sección de inventarios, en sus funciones es responsable:

- Programar, controlar y dirigir las actividades de recepción, registro y control de los distintos tipos de productos, los cuales están identificados, marcados y debidamente etiquetados con su respectiva familia, referencia y diámetro específico.
- Mantener actualizado los registros internos de disponibilidad de los productos en existencia, identificando la ubicación y las condiciones físicas de los productos.
- Programar, dirigir, y controlar el registro del material asignado para cumplir con los pedidos y los requerimientos de consumo interno (Adecuaciones, modificaciones de instalaciones internas, reparaciones, mejoras de equipos y maquinaria, etc.).
- Mantener el registro y control de máximos y mínimos de las distintas referencias en existencia.
- Ejecución y levantamiento anual de un inventario físico de las existencias almacenadas en los distintos almacenes establecidos en la organización, conciliando con el área de contabilidad los resultados obtenidos, y aclarando debidamente cualquier tipo de irregularidad o diferencias encontradas.
- Coordinar, orientar y apoyar las actividades del personal de despacho para el alistamiento y preparación de los distintos pedidos existentes.

Además, el área de inventarios son los responsables de las actividades de determinación, localización, separación, concentración del material en mal estado, obsoleto, para realizar la baja del sistema de los productos que no cumplen con las condiciones de producto conforme bajo la normatividad establecida por el área de producción, área de calidad y el área de contabilidad a todas las referencia de productos ya sean materia prima (Bobinas) o productos en proceso (flejes, tubería negras) y producto terminado (tuberías galvanizadas, tuberías roscadas).

5. PROPUESTA DE MEJORA APLICADA AL PROCESO GENERAL DE PRODUCCIÓN

Existen diferentes procesos, actividades, procedimientos en una organización que al ser optimizados pueden marcar una diferencia significativa. Por esto cada organización o empresa debe seleccionar bajo mucho detalle el conjunto de las posibles actividades de mejora con el objetivo final de obtener los mejores beneficios y diseñar el soporte de las actividades que directa e indirectamente serán intervenidas por la o las propuestas de desarrollo seleccionadas.

Por otro lado, para el desarrollo de cualquier actividad de mejora se requiere toda la información disponible y dispuesta por la organización. Para el presente caso Corpacero S.A brinda todo el conocimiento de los procesos de la manera más detallada para facilitar de esta manera la elaboración de diagnósticos descriptivos más precisos de las situaciones bajo análisis. Para lograr este escenario fue indispensable llevar a cabo las siguientes actividades:

- **Bases de datos:** Identificados los elementos de mayor importancia para la elaboración de los diagnósticos descriptivos, se realiza una selección de análisis a las bases de datos que se obtienen del sistema central de información, que para Corpacero S.A corresponde a uno denominado J.D. Edwards Enterprise One de Oracle, el cual es un software de planificación de recursos empresariales; Del cual se obtienen todas las bases de datos de información concerniente a los procesos de abastecimiento, producción, ventas y gestión de inventarios.
- **Análisis de Datos:** Se lleva a cabo un grupo de procedimientos de tipo descriptivo previos y posteriores destinados recopilar, organizar, tratar y presentar la información relativa, basados en las muestras de datos de tipo cualitativo y cuantitativo recolectados en las actividades previas.

- **Entrevistas Preliminares:** Durante esta etapa se refuerza los análisis a las bases de datos, consolidando los conceptos fundamentales de las funciones, procedimientos, tareas ejecutadas por las distintas áreas relacionadas con los procesos de ventas, abastecimiento, producción, gestión de inventarios, despachos y dichas áreas son: Gerencia General, Gerencia Comercial, Logística Internacional, Logística General, Compras, Producción, etc.

5.1 DISEÑO Y SELECCIÓN DE LA PROPUESTA

Con el propósito de mejorar los procesos actuales de abastecimiento y gestión de inventarios en la línea de tubería metálica con costura, se diseñó una propuesta de mejora que centra los esfuerzos de la organización en el aumento progresivo de los niveles de servicios basados en la disminución de los tiempos de reaprovisionamiento.

Para la consecución de esta meta se presenta la propuesta de mejora denominada **“Sincronización línea de producción y actividades consecuentes”**.

Además la propuesta de mejora es de aplicación inmediata, debido a que trabaja sobre la planeación, programación de las secuencias de fabricación de las referencias de tubería tipo Conduit.

5.2 DESCRIPCION E IMPLEMENTACION DE LA PROPUESTA

La propuesta de mejora **“Sincronización línea de producción y actividades consecuentes”**. Es un conjunto de actividades aplicables en el desarrollo del programa de producción que centra y prioriza los esfuerzos y recursos a

actividades referentes a la programación, producción, almacenamiento, gestión de inventarios y despacho de las referencias pertenecientes a las familias de tubería tipo Conduit.

Estas actividades sincronizadas se pueden realizar debido a que todas las referencias de tubería tipo Conduit (E.M.T, I.M.C, RIGID) comparten las mismas rutas y centros de trabajo. Facilitando la agrupación de secuencias de fabricación de todas las referencias de tubería tipo Conduit pertenecientes al programa de producción en curso; Permitiendo prontitud alistamiento de materias primas, prioridad en las secuencias de corte, formado de tubería, galvanizado y corte de las referencias en programación.

Con el correcto desarrollo de esta premisa; Se garantiza la disponibilidad de los productos solicitados por los clientes en los tiempos de entrega estipulados por la organización. Además de potenciar la gestión de los inventarios de estas referencias se evitan posibles rupturas de inventarios y las respectivas consecuencias provocadas por este tipo de situación indeseable como lo son las anulaciones de pedidos, pérdida de imagen corporativa, disminución de clientes, etc.

Para el desarrollo e implementación de la propuesta de mejora **“Sincronización línea de producción y actividades consecuentes”** en la planta de producción sede Bogotá D.C; Se realizó un estudio cuantitativo de todos los centros de trabajo pertenecientes a la línea de producción como:

- Máquina de corte longitudinal o Slitters.
- Máquina Formadoras de Tubería.
- Cuba de Galvanizada por inmersión en caliente.
- Centro de Corte y Roscado.

En aspectos como: las capacidades productivas, los tiempos operativos, los tiempos de alistamiento, cambios de montaje y sus respectivos requerimientos de mano de obra directa e indirecta.

De los anteriores aspectos productivos, los tiempos operativos de los centros de trabajo se convertirán en el foco de la mejora aplicada. Dado que estos no requieren inversión de ningún tipo, ni ningún tipo de capacitación especial o demasiado específica para la ejecución de esta.

Para realizar el estudio cuantitativo de los tiempos operativos, se toma como fuente de análisis las bases de datos de los reportes históricos de los tiempos productivos y las sabanas de paros de los tiempos improductivos de los centros de trabajos involucrados en la producción de cualquier referencia tipo Conduit presentadas por Corpacero S.A de los años 2011, Ver ANEXO (5). Como resultado del análisis estadístico a las bases de datos, se obtiene la tabla (1):

Tabla 1: Tiempos (Días) entre procesos para la fabricación de Tubería I.M.C (Año 2011).

Datos Originales	Bogotá	Corte-Fleje	Formado	Galvanizado	Corte-Roscado	Despacho
Barranquilla	21,26	54,95	70,77	101,98	122,30	199,68
Bogotá		36,08	52,18	81,25	101,58	178,95
Corte-Fleje			15,35	47,03	67,35	144,73
Formado				31,68	52,00	129,38
Galvanizado					20,33	97,70
Corte-Roscado						77,38

Fuente: Autor del proyecto.

Como elemento descriptivo de la situación actual a nivel productivo y como una fuente de análisis primario para la implementación de la propuesta de mejora en Corpacero S.A. La siguiente tabla nos discrimina los tiempos operativos

consumidos por los centros de trabajo pertenecientes a la línea de producción de tubería metálica, durante los meses analizados del año 2011. Dada la tabla (1), se convertirá en la base de comparación para los tiempos obtenidos durante los meses de Enero a Septiembre del 2012.

Tomando los reportes de producción respecto a los tiempos causados durante los meses Enero a Septiembre del 2012; Los cuales fueron logrados durante y luego de la aplicación de la propuesta de mejora. Tenemos como base de análisis, los tiempos productivos discriminados por fecha de fabricación, referencias, familias y cantidad de unidades por lote de producción, de igual manera los tiempos improductivos discriminados por tipo de hora improductiva, alistamiento, cantidad de unidades por lote de producción de cada centro de trabajo involucrado. Ver ANEXOS (5).

Dada esta base de datos; Luego de un tratamiento y análisis estadístico a la misma, se obtiene un vistazo del comportamiento presentado luego de la implementación de la propuesta de mejora **Sincronización de línea de producción y actividades consecuentes** en la línea de producción de tubería. Se obtiene como resultado la tabla (2):

Tabla 2: Tiempos (Días) entre procesos para la fabricación de Tubería I.M.C (Año 2012).

						D.S =	9,05
Datos Filtrados	Bogotá	Corte-Fleje	Formado	Galvanizado	Corte	Roscado	Despacho
Barranquilla	8,46	43,62	56,77	67,00	74,75	79,00	134,67
Bogotá		22,18	32,67	42,15	56,62	60,69	117,11
Corte-Fleje			9,87	17,60	31,26	32,00	97,46
Formado				8,75	20,13	23,73	93,00
Galvanizado					10,87	14,47	84,79
Corte						4,13	70,80
Roscado							67,27

Fuente: Autor del proyecto.

Del análisis detenido de la tabla (1), se evidencian las falencias muy marcadas y notables en la estructura de la gestión de abastecimiento, proceso productivo en general y gestión de los niveles de inventarios de la organización durante el año 2011. Entre las situaciones más críticas dentro del proceso en general están:

- Tiempos de 21.26 días promedio para el traslado de material desde la planta Barranquilla a la planta Bogotá; Tiempos muy por encima de la meta del área de logística de 3 días hábiles para esta actividad.
- Lapsos de 36.08 días promedio para la asignación y consumo del material en rollos a las respectivas referencias a fabricar estipuladas dentro de los programas y secuencias productivas, designadas por el área de producción a necesidad del área comercial.
- Tiempos de 31.68 días promedio consumidos desde el proceso de formado de hasta el proceso de galvanizado de tubería por inmersión en caliente.
- Un ciclo productivo de 67.33 días promedio para la fabricación de una referencia desde el momento en que se genera una orden de trabajo (WO) hasta que se hace entrega a la subsección de inventarios para su respectivo control interno.
- Lapsos de 77.38 días promedio desde la terminación de producción hasta el despacho y salida del inventario de los productos terminados.

Como conclusión; Los tiempos de procesos como el abastecimiento, la fabricación y la gestión de los inventarios. Provocan una dilatación de los tiempos de entrega, afectando drásticamente los niveles de servicio, los índices de pedidos, la cuota de mercado, la imagen corporativa y en general afectando significativamente el cumplimiento de las políticas estratégicas de Corpacero S.A como organización.

Una vez planteados e implementados los criterios de la propuesta a los procesos administrativos y operativos. Se tomó nuevamente los datos de los tiempos productivos discriminados por fecha de fabricación, referencias, familias y cantidad

de unidades por lote de producción, de igual manera los tiempos improductivos discriminados por tipo de hora improductiva, alistamiento, cantidad de unidades por lote de producción de cada centro de trabajo involucrado para el año de producción 2012. Todo esto para realizar el tratamiento estadístico y determinar los tiempos operativos entre los centros de trabajo. De tal base de datos obtenemos:

De un análisis detallado de la tabla (2), en contraste con la información de la tabla (1); Se evidencian una mejora muy significativa en la disminución general del tiempo de proceso total de **67,35 días** de en el año 2011 a **32 días** en los meses de análisis durante el 2012.

Entre las mejoras más significativas respecto a los procesos de abastecimiento, producción y gestión de inventarios de las referencias pertenecientes a la familia Conduit tipo I.M.C tenemos:

- Disminución a 8.46 días promedio el tiempo de traslado de material entre las plantas de Barranquilla hacia la planta de sede Bogotá. Lo que acerca a la meta de traslado de 3 días hábiles estipulados por el área de logística.
- Un lapso de 22.18 días promedio consumidos en la asignación y consumo del material en rollos a las respectivas referencias a fabricar estipuladas por el programa y las secuencias productivas.
- Tiempos de 8.75 días promedios consumidos desde el proceso de formado hasta el proceso de galvanizado de tubería por inmersión caliente.
- Un nuevo ciclo productivo de 32 días promedios con una desviación estándar de 9.5 días. Lo que representa una disminución del 52.5 % en el tiempo total de proceso para la fabricación de cualquier referencia de las familias tipo Conduit, en comparación al año 2011 para la misma actividad.
- Lapsos de 60.27 días promedios para la salida de producto terminado para cumplir con los pedidos de los clientes.

- La separación de los centros de trabajo **Corte** y **Roscado**; Esto con el fin de diferenciar los tiempos directamente relacionados con el proceso de corte y roscado de la tubería tipo Conduit en las familias I.M.C, RIGID y para la familia E.M.T solo el proceso de corte por especificaciones técnicas de producto.
- Una disminución general de los tiempos por cada uno de los centros de trabajo perteneciente a la línea de producción, actividades abastecimiento y gestión de los inventarios del producto terminado.
- Una disminución a 8.75 días promedio para la ejecución de los programas de galvanización de la línea de tubería. Una mejora significativa del 72.3%. En comparación con el anterior 31.68 días requeridos para la misma ejecución de actividades.
- Una disminución del 52.5% del tiempo implementado en los cambios de montaje en el proceso de galvanización en caliente. Lo que representa una disminución de 183 cambios de montaje en el año 2011 a 87 cambios de montaje presentados en el año 2012.

Para el análisis de los tiempos de procesos de las familias de tubería Conduit tipo E.M.T y RIGID entre los años 2011 y 2012; Y evidenciar las mejoras en los tiempos de proceso. Ver Anexo (4).

5.3 ANÁLISIS Y ESTIMACION ESTADÍSTICA DE LA DEMANDA.

5.3.1 Bases de datos

Para el análisis de los modelos pronósticos de series de tiempo, se enfatiza en el estudio del comportamiento histórico del elemento, producto o referencia para determinación de un modelo que estima el comportamiento futuro de la demanda bajo investigación.

Para el caso de Corpacero S.A. Existe un ERP llamado J.D. EDWARDS[®] suite de software de planificación de recursos empresariales; Es un sistema de información integrado, que permite planear, gestionar y controlar las operaciones de las diferentes áreas funcionales de la compañía (producción, distribución, abastecimiento, contabilidad y finanzas) integrando y optimizando todos los procesos internos suministrando una sola base de datos evitando conflictos internos en las operaciones y actividades propias de la actividad económica de la organización. Teniendo en cuenta que Corpacero S.A, almacena y registra toda la información concerniente de todos los productos del portafolio de productos que la organización oferta. De él se extraen por medio de reportes planos en formato CVS (**Concurrent Versions System**) compatible con Microsoft Excel. Toda la información relacionada con los pronósticos, la demanda (Pedidos), tiempos de los procesos productivos, ventas, costos, etc. Relacionados directamente con la fabricación y gestión de inventarios de las referencias de la tubería en análisis que hacen parte activa de este proyecto.

Para el caso particular del desarrollo de este proyecto, se determinó necesario las bases de datos por medio de reportes de la siguiente información de las familias de tuberías tipo Conduit:

- Pronósticos de ventas año 2012.
- Históricos de ventas 2011 al 2012.
- Tiempos de los ciclos de producción (Año 2010 – 2012) de los centros de trabajo directamente relacionados con la fabricación de las tuberías en análisis.

5.3.2 Elección y uso del software

Para la proyección de la demanda utilizando series de tiempo existen diferentes programas o aplicaciones estadísticas disponibles en el mercado que ofrecen una

potente herramienta de análisis estadístico; tales como SPSS[®] (Statistical Package for the Social Sciences), Statgraphics[®] o Minitab[®].

Para el caso de este proyecto se utilizó Minitab[®] para plantear la estructura de los modelos de proyección de la demanda; Debido a que este software facilita considerablemente los análisis de la posible identificación de las distribuciones individuales de los productos bajo análisis, ya que en su plantilla de resultados proporciona la información referente a los parámetros específicos de cada posible distribución en consideración por parte del programa. Como pruebas de ajuste que validan la posible selección de una distribución específica ajustada a los datos.

Datos necesarios e indispensables para alimentar y parametrizar las hoja de cálculo con las variables del modelo que servirá de base para la herramienta informática basada en simulación de eventos aleatorios de inventarios (Simulación de Monte-Carlo) para la determinación de las nuevas políticas de gestión de inventarios.

5.3.3 Depuración de los datos bajo análisis

Es de vital importancia que los datos a utilizar en las series de datos para la proyección de la demanda, sean estrictamente datos que correspondan indistintamente a los niveles de pedidos (Demanda) correspondiente a las ventas presentadas por la organización; Brindando de esta manera veracidad e importancia a los datos en análisis para resultados de calidad.

Además de las anteriores características obligatorias, debemos garantizar y cumplir las siguientes condiciones:

- Datos atípicos
- Datos o espacios en blanco dentro de las series de tiempos.
- Datos duplicados o erróneos; Estos debidos a error de digitación, transcripción, verificación o ajuste realizados a las series.

La presencia de cualquiera de estos eventos, genera de manera segura cambios significativos a los comportamientos de los productos, llevando de esta manera a una discriminación estadística errónea, provocando una selección equivocada del modelo de pronósticos. Arruinando finalmente el planteamiento del modelo de gestión a aplicar.

Para el desarrollo de este proyecto de mejora; Las bases de datos utilizadas contienen los datos de la demanda reflejada por los registros de ventas mensuales realizados por los distintos clientes que hacen parte de la cartera actual de Corpacero S.A. En este informe se registran todos los pedidos realizados a Corpacero. Por lo que se hace necesario filtrar de este informe los pedidos por conceptos de mercancía entregada con fines de muestras comerciales, pedidos con características no estándares e especificaciones especiales realizadas para cumplir con compromisos empresariales, pedidos en materiales distintos a los especificados en los catálogos de ventas, pedidos de consumo interno debido a reacondicionamientos estructurales e instalaciones industriales de cualquier tipo.

Todos estos elementos se incluyen en este reporte debido a exigencia de la Gerencia General, la cual requiere el estatus general de los niveles de ventas para controlar el cumplimiento de los planes de ventas de cada una de las unidades de negocio de la organización. Logrando con este informe la trazabilidad y estado global de la producción en cruce con los niveles de ventas.

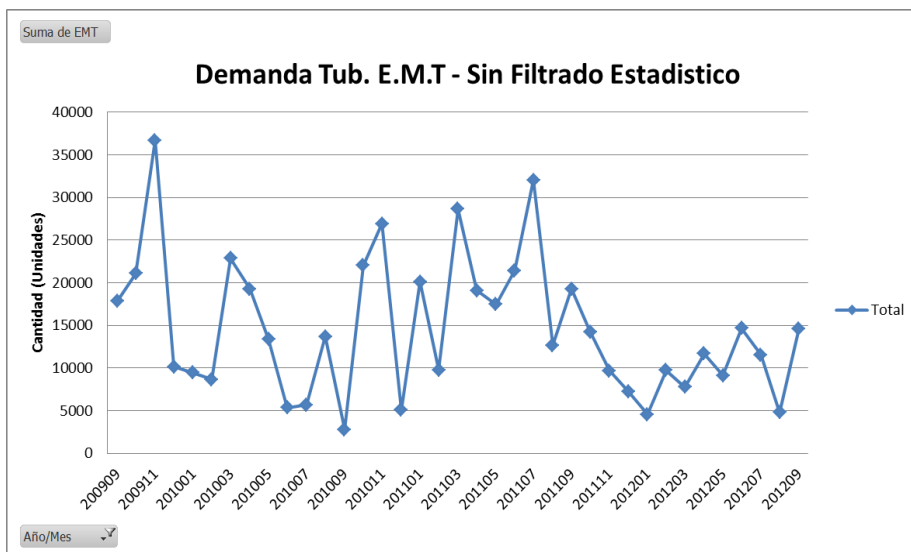
Una vez seleccionados los datos de los pedidos teniendo en cuenta su estado fue necesario realizar una revisión exhaustiva sobre los meses en los que se

registraron datos atípicos ya sea por cantidades sumamente grandes comparadas con el comportamiento en el mismo mes en años anteriores o, por el contrario, por cantidades pequeñas o espacios en blanco.

En esta revisión se eliminaron pedidos con diferente numeración por cantidades iguales ya que en ocasiones un pedido de un cliente es cancelado y después se genera uno nuevo con una numeración diferente por la misma cantidad, solo en estas situaciones es posible eliminar un dato de la serie. También se eliminan los registros de pedidos en años anteriores de clientes atípicos que solicitaban grandes cantidades de productos. Ya que estos clientes no forman parte de la cartera actual de la empresa y no hicieron pedidos en los últimos dos años.

Para evidenciar este análisis tomaremos como ejemplo la Familia de Tubería E.M.T con su respectiva serie de datos originales, Ver figura (12):

Figura 12: Demanda Tubería E.M.T sin filtrado estadístico.



Fuente: Autor de proyecto.

En la figura anterior se evidencian los eventos que afectan el verdadero comportamiento de la demanda. Entre estos elementos, se evidencian:

- **Periodos Desabastecimiento:** Provocados por datos atípicos o picos marcados en la serie de tiempos. Para este caso específico de la familia de tubería E.M.T anteriormente citado. Se evidencia y son fácilmente identificables los periodos de tiempo de desabastecimiento ya que suele suceder después de un mes de pedidos grandes lo que en las gráficas se ve como un rápido descenso en las cantidades solicitadas hasta llegar a cantidades significativamente bajas para los niveles de respuesta estipulados por Corpacero S.A.

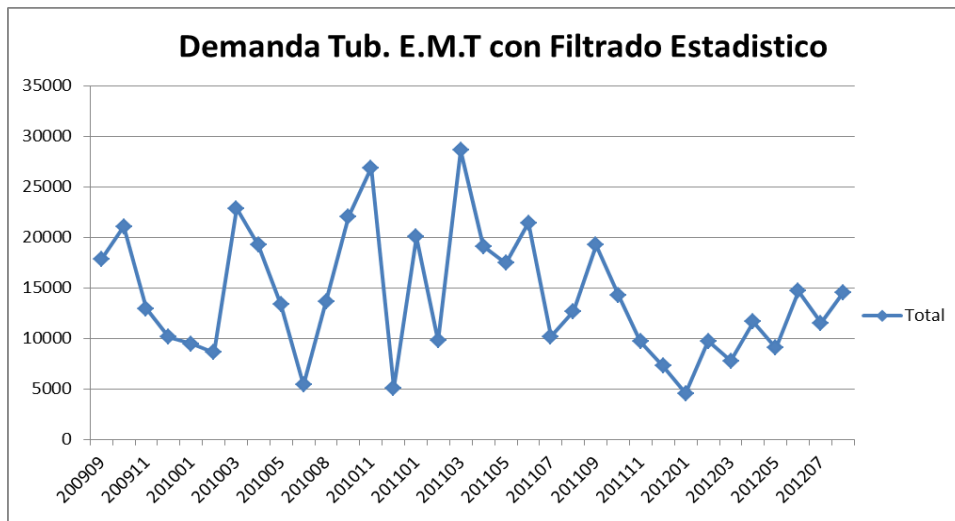
Estos eventos son visibles en la figura 12. En los meses de Noviembre de 2009, Noviembre de 2010 y Julio de 2011.

- **Comportamiento Estacional:** Existen factores que responden a este comportamiento y para las tuberías metálicas de conducción eléctricas E.M.T, I.MC Y RIGID en análisis; Las nuevas construcciones y proyectos de desarrollo industrial, la construcción de vivienda horizontal generan periodos específicos en los cuales algunos productos presentan aumentos súbitos e inesperados de demanda.

Para un estudio y utilización veraz de los datos de demanda real por referencia, se realiza un filtrado y análisis estadístico de la anterior serie de datos para la Familia de Tubería E.M.T. Logrando con esta etapa previa lograr y garantizar las condiciones requerida para el uso de la demanda en las estimaciones, cálculos y simulaciones donde esta información sea requerida.

Como resultado de la etapa de filtrado estadístico, obtenemos la figura (13):

Figura 13: Filtrado estadístico Familia Tubería E.M.T



Fuente: Autor de proyecto.

Resultado del proceso de filtrado estadístico. Evidenciamos en la figura (13), un comportamiento más estable, menor presencia de datos atípicos (picos de demanda) y son más notables los periodos de reabastecimiento, luego de las caídas de demanda en la serie de datos en análisis.

Luego del proceso de filtrado estadístico a las series de datos pertenecientes a los históricos de los registros de demanda de todas las referencias de tubería dadas por familia de producto y referencia de diámetro específicos. Se evidencia que los comportamientos presentados por la mayoría entre un 80% a un 90% de los registros de demanda presentan comportamientos erráticos. Se requiere un modelo que trabaje a conformidad y adecuadamente a las distribuciones de probabilidad característica de cada referencia bajo estudio. Ver ANEXO (6), (7), (8).

5.4 MODELO PARA DETERMINAR LAS POLITICAS DE INVENTARIO

5.4.1 Selección del modelo de Simulación

Dadas estas características, no se utilizaron los modelos convencionales de análisis o determinación de políticas de inventarios. Para este caso específico y en respuesta a las limitaciones o restricciones de la información se optó por desarrollar un modelo de estudio de gestión de inventarios basados en el modelo Monte Carlo de simulación de eventos aleatorios.

5.4.2 Estructura de la simulación

La simulación con el método de Montecarlo en un sistema utiliza los números aleatorios para medir los efectos de la incertidumbre, emulando el comportamiento de las series de datos bajo análisis.

La mayoría de los modelos de simulación, se sujetan generalmente a este tipo de esquema de ejecución:

- Obtener observaciones basadas en una fuente o en un sistema generador de números aleatorios.
- Transformar las observaciones en datos de entrada y alimentar al modelo bajo las especificaciones del mismo.
- Transformar los datos de entrada, a través del modelo en salidas de información.
- Calcular las estadísticas necesarias y o requeridas a partir de las salidas suministradas por el modelo, para determinar las características del comportamiento bajo estudio.

5.4.3. Metodología para la determinación de los inventarios de seguridad e inventarios mínimos por producto.

Para la determinación de los inventarios de seguridad e inventarios mínimos de las respectivas referencias de la tubería metálica tipo Conduit pertenecientes a sus

familias I.M.C, E.M.T y RIGID; La herramienta de programación toma en la simulación de MonteCarlo y bajo los fundamentos de Control de inventarios de ítems individuales con demanda probabilística y tiempos de reposición aleatoria brindan solución a estos temas específicamente.

Al suministrar información específica como la demanda, la desviación estándar de la misma, tiempos de reaprovisionamiento (Lead Time), desviación estándar del Lead Time de cada referencia; La herramienta de programación realiza los cálculos de los inventarios de seguridad específicos por referencias que responden a dichas características. Ver figuras (19) y (20). Con este procedimiento la gestión del inventario y los niveles de servicio logran contrarrestar los inconvenientes de la variabilidad de la demanda y su respectivo tiempo de aprovisionamiento. Situación que permite garantizar la disponibilidad de producto terminado a necesidades de los clientes.

Para la determinación de los inventarios mínimos por referencia, la herramienta basada en la simulación de eventos aleatorios MonteCarlo, viene ajustada acorde a características específicas de la referencia en análisis como los son:

- Pronósticos comerciales del área de ventas.
- Inventarios disponibles.
- Niveles de servicio estipulados.
- Características de demanda y tiempos de reaprovisionamiento a nivel productivo.
- El inventario de seguridad específico.
- Distribución de probabilidad de la demanda específica.

Entre otros elementos importantes descritos en el capítulo (7). Con todos estos elementos disponibles la herramienta produce una serie de simulaciones aleatorias de los posibles eventos futuros; Generando una multiplicidad de escenarios de resultados estimados de los cuales se obtienen cuadro de datos y resultados finales. Y basados en los principios de la simulación el generar un número de repeticiones necesarios de los escenarios genera que los resultados de estos escenarios se establezcan brindando matemáticamente la mejor estimación del escenario resultado.

5.4.3.1 Ventajas

- Se puede estudiar y cuantificar el efecto provocado por los cambios internos como externos.
- La simulación permite el uso de sí misma, a la frecuencia que lo requiera el modelo a aplicar.
- El modelo de simulación es de menor costo, que la experimentación real de cualquier propuesta.
- Revela los componentes críticos y fortalezas del sistema.
- Es una herramienta de administración de riesgos basados en la comprensión de los costos y beneficios presentes.
- La simulación permite el análisis de todos los posibles escenarios bajo modificación de las condiciones iniciales, sin incurrir en sobrecostos adicionales.

5.4.3.2 Desventajas

- Requiere equipo computacional y talento humano especializado.
- El método de simulación consume tiempo y recursos considerables para el diseño, desarrollo y ejecución del modelo.
- Los resultados son sensibles a la exactitud de los datos de ingreso.
- La simulación no genera soluciones o datos exactos, provee resultados estimados de los escenarios propuestos.

6. DESARROLLO DEL MODELO DE GESTIÓN DE INVENTARIOS

6.1 CLASIFICACIÓN ABC PARA LAS FAMILIAS DE TUBERIA TIPO CONDUIT

Las referencias elegidas para el presente proyecto fueron seleccionadas bajo los lineamientos de la gerencia de Corpacero S.A, entre todas las referencias de fabricación por parte de la organización debido a las siguientes características específicas como:

- Mayor margen de ganancia por unidad.
- Familias de productos con proyección de aumento de cuota de mercado, bajo las políticas estratégicas de la organización.

Tabla 3: Referencias discriminadas por diámetro familia de productos Tipo I.M.C.

Código	Referencia	Familia
647	T.CONDUIT GLV.C/U 1/2"X3.05m	Familia Tubería Tipo I.M.C
653	T.CONDUIT GLV.C/U 3/4"X3.05m	
660	T.CONDUIT GLV.C/U 1" X 3.05m	
666	T.CONDUIT GLV.C/U 1 1/4" X 3.05m	
672	T.CONDUIT GLV.C/U 1 1/2"X3.05m	
678	T.CONDUIT GLV.C/U 2" X 3.05m	
690	T.CONDUIT GLV.C/U 3" X 3.05m	
696	T.CONDUIT GLV.C/U 4" X 3.05m	

Fuente: Autor del proyecto.

La base de datos en análisis para esta etapa será los niveles históricos de ventas desde Octubre del año 2011 y actualizados a Septiembre de 2012 para determinar los niveles de rotación con información suficiente que demuestre y determine el comportamiento actual de los niveles de ventas. Sin verse afectados por periodos de tiempos sin relevancia actual para el estudio.

Tabla 4: Referencias discriminadas por diámetro familia de productos Tipo E.M.T

Código	Referencia	Familia
83403	T.CONDUIT GLV.EMT.1/2" X 3.05m	Familia Tubería Tipo E.M.T
95315	T.CONDUIT GLV.EMT.3/4" X 3.05m	
707	T.CONDUIT GLV.EMT.1" X 3.05 m	
9162	T.CONDUIT GLV.EMT.11/4"X3.05m	
8817	T.CONDUIT GLV.EMT.11/2" X 3.05m	
9232	T.CONDUIT GLV.EMT. 2" X 3.05m	

Fuente: Autor del proyecto.

Este grupo de referencias al presentar una alta rotación, y por ende, requiere de manera obligada un nivel de gestión que garantice niveles óptimos de inventarios, que debe reflejar altos niveles de servicio y mayores niveles de rentabilidad para la organización.

Tomando como base la característica nivel de rotación. Se fundamenta el análisis y la clasificación A, B, C para las referencias de productos de las distintas familias y sus respectivos diámetros.

Tabla 5: Referencias discriminadas por diámetro familia de productos Tipo Rigid.

Código	Referencia	Familia
711	T.CONDUIT GLV.RIG.C/U 1/2 X3.05	Familia Tubería Tipo RIGID
717	T.CONDUIT GLV.RIG.C/U 3/4X3.05	
723	T.CONDUIT GALV.RIG.C/U 1X3.05m	
36653	T.CONDUITGLV.RIG.C/U 11/4X3.05	
729	T.CONDUITGLV.RIG.C/U 11/2X3.05	
735	T.CONDUIT GALV.RIG.C/U 2X3.05m	

Fuente: Autor del proyecto.

Tomando las bases de datos de los históricos de ventas de los años 2011 - 2012. Se evidencia como resultado de un análisis A,B,C que el 81,6% de las ventas se centran en 6 referencias; Siendo las familias de mayor rotación la Familia E.M.T seguida de la familia IMC; Con las referencias de mayor rotación T.CONDUIT GLV.EMT.3/4" X 3.05m con el 32,05% de las ventas totales, seguida de T.CONDUIT GLV.EMT.1/2" X 3.05m con un 18,44%, con un tercer lugar la referencia T.CONDUIT GLV.C/U 3/4"X3.05m con una participación del 11,25%.

Ver ANEXO (3) Y (4).

Tabla 6: Clasificación tipo A basados en rotación.

Referencia	% Importancia	Clasificación A,B,C	Ventas (Unidades)
T.CONDUIT GLV.EMT.3/4" X 3.05m	32,05%	A	62.071
T.CONDUIT GLV.EMT.1/2" X 3.05m	18,44%	A	35.714
T.CONDUIT GLV.C/U 3/4"X3.05m	11,25%	A	21.794
T.CONDUIT GLV.C/U 1" X 3.05m	8,53%	A	16.512
T.CONDUIT GLV.EMT.1" X 3.05 m	6,96%	A	13.471
T.CONDUIT GLV.C/U 1/2"X3.05m	4,34%	A	8.412

Fuente: Autor del proyecto.

Tabla 7: Clasificación tipo B basados en rotación.

Referencia	% Importancia	Clasificación A,B,C	Ventas (Unidades)
T.CONDUIT GLV.C/U 3" X 3.05m	3,89%	B	7.541
T.CONDUIT GLV.C/U 2" X 3.05m	2,51%	B	4.855
T.CONDUIT GALV.RIG.C/U 1X3.05m	1,66%	B	3.205
T.CONDUIT GALV.RIG.C/U 2X3.05m	1,57%	B	3.034
T.CONDUIT GLV.EMT.1.1/2" X 3.05m	1,56%	B	3.017
T.CONDUIT GLV.EMT.1.1/4"X3.05m	1,55%	B	3.003
T.CONDUIT GLV.EMT. 2" X 3.05m	1,30%	B	2.527

Fuente: Autor del proyecto.

Tabla 8: Clasificación tipo C basados en rotación.

Referencia	Importancia General	Clasificación A,B,C	Ventas (Unidades)
T.CONDUIT GLV.C/U 1 1/4" X 3.05m	1,23%	C	2.377
T.CONDUIT GLV.C/U 4" X 3.05m	1,04%	C	2.009
T.CONDUITGLV.RIG.C/U 1 1/2X3.05	1,03%	C	2.004
T.CONDUIT GLV.C/U 1 1/2"X3.05m	0,75%	C	1.458
T.CONDUIT GLV.RIG.C/U 3/4X3.05	0,33%	C	637
T.CONDUIT GLV.RIG.C/U 1/2 X3.05	0,00%	C	4
T.CONDUITGLV.RIG.C/U 1 1/4X3.05	0,00%	C	2

Fuente: Autor del proyecto.

6.2. APLICACIÓN DEL MODELO DE GESTIÓN DE INVENTARIOS

El modelo de gestión de inventarios en aplicación para las referencias del inventario tipo A, Luego del análisis A, B, C realizado a las 20 referencias de las distintas de las familias de tubería tipo Conduit.

Se desarrolla con el objetivo final de estandarizar los procesos, actividades y herramientas para la determinación óptima de los niveles de producción y los lotes de inventario de seguridad requeridos, logrando absorber las variaciones que presente tanto la demanda como el tiempo de reabastecimiento (Lead Time) por parte del proceso productivo para elevar los niveles de servicio al cliente, sin elevar significativamente los costos implícitos en la gestión de los inventarios.

El modelo de reabastecimiento aplicado en este proyecto está basado en un control conjunto de inventarios de ítems individuales con demanda probabilística

con revisión continua para las referencias en análisis de las referencia Tipo Conduit; El cual verifica el nivel de inventarios mensuales y el respectivo cruce con los pedidos en firme simulados aleatoriamente determinando los niveles de producción para suplir los pedidos respectivos y garantizar un inventario de seguridad que absorba toda la posible variabilidad presente tanto en la demanda como en los tiempo de reabastecimientos por parte del medio y el área de producción respectivamente.

6.2.1 SUPUESTOS INICIALES DEL MODELO DE GESTIÓN

Para que inicialmente el modelo de gestión de inventarios funcione de forma práctica se deben dar cumplimiento a los siguientes supuestos iniciales:

- Los errores del pronóstico de la demanda simulada bajo eventos aleatorios se comportan y responden a una distribución normal.
- Las generación de órdenes de pedido por parte de los clientes tienen un sentido repetitivo y o regular.
- Se supondrá que los clientes pueden efectuar una orden de pedido en cualquier momento.
- El modelo se desarrolla con el supuesto de que desde el primer mes se puede presentar pendientes u órdenes parciales (Back-Order) cubiertas y absorbidas por la capacidad y tasa de producción.
- El tiempo de reabastecimiento de productos de cualquier referencia es constante.
- El pronóstico o demanda; Es consumido en el mes proyectado.

6.2.2 RESTRICCIONES DEL MODELO

Adicionalmente, debido al modelo planteado se debe aplicar las siguientes restricciones para dar ajustes a las condiciones de la propuesta:

- Las cantidades a fabricar no deben ser menores ni iguales a los inventarios de seguridad calculadas para cada una de las referencias para cada familia de Tubería conducción eléctrica tipo Conduit.
- En los meses que se generen cantidades iguales a cero (0) debido al modelo seleccionado; Se genera automáticamente una nueva iteración para continuar con el proceso de simulación, eliminando valles en las series de tiempo y evitando todos los inconvenientes estadísticos que este evento produce.
- El modelo omite las cantidades negativas generadas por los elementos pseudo-aleatorios en la parametrización dada para cada distribución de probabilidad establecida dentro del análisis de este proyecto. Esto con el fin de evitar elementos no definidos o indeterminados dentro de las interacciones del modelo.
- El modelo de simulación se aplica por referencia específica y no por familia, ni por combinaciones de productos, ya sean estos homólogos o sustitutos en cualquier momento de disponibilidad.

6.3 ESTRUCTURA DE COSTOS DEL MODELO DE GESTIÓN DE INVENTARIOS

Un modelo de gestión de inventarios requiere una estructura eficiente, la cual tiene por objetivo fundamental el minimizar los costos asociados a las actividades de custodia, almacenamiento, mantenimiento y control de los niveles de inventarios pertenecientes a la organización y es de vital importancia cuando la empresa precisa de niveles significativos de existencias para satisfacer las necesidades de sus clientes y mantener los niveles de servicio para satisfacer las expectativas del medio.

Un manejo eficiente de la gestión de inventarios, precisa de un nivel óptimo de recursos invertido en los inventarios y para esto la organización debe fijar una política acorde a su estructura organizacional, talento humano y recursos monetarios a su disposición para este fin.

En el caso de Corpacero S.A; Se requiere una estructura de costos que brinde a sus referencias de rotación tipo A un equilibrio entre los costos de mantenimiento, custodia, costos de pedidos, costos de deterioro u obsolescencia; Que contraste con los niveles de inventarios requeridos para mantener y lograr aumento en los niveles de servicios.

6.3.1 Costo unitario de producción

Corresponde a los costos tanto fijos como variables involucrados en la fabricación de una referencia en el portafolio de productos de tubería metálica de conducción eléctrica tipo Conduit. Normalmente este monto incluye los costos de materias primas, insumos, mano de obra, maquinaria. Eventualmente puede incluir los costos de envío y recepción entre plantas (Traslados internos de bodega).

6.3.2 Costo de custodia y mantenimiento

Constan de los recursos en el que incurre la organización para mantener en óptimas condiciones todos los productos terminados de las referencias pertenecientes a las familias Conduit E.M.T, I.M.C Y RIGID, durante un periodo de tiempo. Para el desarrollo del presente proyecto se tomaron en análisis los informes de costos por línea brindados por el área de costos; Informes generados mensualmente y condensados mensualmente para análisis contables anuales. De los cuales se estimará cuánto es el monto mensual en una unidad de inventario.

Para realizar la estimación del costo total del periodo mensual fue necesario analizar todas y cada una de las actividades que intervienen directa e indirectamente en los procesos de custodia y mantenimiento del inventario de producto terminado.

El costo de este monto depende de los salarios del personal, los seguros, los impuestos, la seguridad, y demás ítems relacionados en todas las actividades de almacenamiento de producto terminado, en el centro de almacenamiento y distribución

- **Entrada de Producto Terminado:** La recepción de todas las referencias producto terminado fabricadas por el Área de Producción referidas y tabuladas en lista de lotes, guías, reportes de producción y la respectiva verificación de las existencias. Para el desarrollo de estas actividades se requieren elementos como: Licencias (Software), equipos de cómputo, operarios, funcionarios de calidad, supervisores, comunicaciones (Internet, teléfono) y servicios públicos (Electricidad, Agua), seguros, impuestos.
- **Localización de Producto Terminado:** Descargue, verificación, conteo y ubicación primaria del producto terminado listo para despacho. Para estas actividades se requieren de igual modo: Espacio de almacenamiento (Bodega), equipos de desplazamiento (Puentes grúas, montacargas, estibadoras, carretillas manuales), operarios de planta, supervisores, equipos de comunicación (Radios, teléfonos, internet, etc.).
- **Inspección de mercancía:** Son revisiones y verificaciones físicas cruzadas con las disponibilidades existentes en el sistema (Informes de existencias), reportes de ajuste por inventarios físicos, reportes de devolución de pedidos, reportes de reclasificación por deterioro o daño por manipulación). Para el

desarrollo de estas actividades se requieren elementos como: Espacio de almacenamiento (Bodega), equipos de desplazamiento (Puentes grúas, montacargas, estibadoras, carretillas manuales), operarios de planta, funcionarios de calidad, supervisores, comunicaciones (Internet, teléfono) y servicios públicos (Electricidad, Agua).

- **Ingreso de producción al J.D. EDWARDS®**: Ingreso, registro y actualización de las disponibilidades de los productos terminados en el sistema, verificación de diferencia entre los documentos de producción y los documentos de control de inventarios, reportes de inconsistencias físicas. : Licencias (Software), equipos de cómputo, digitadores, analistas de datos, operarios de planta, funcionarios de calidad, supervisores, comunicaciones (Internet, teléfono) y servicios públicos (Electricidad, Agua).
- **Equipos, implementos de Almacenamiento**: Hace referencia a la estantería, muebles, ubicación de los productos teniendo en cuenta la característica de análisis dada para este proyecto. Espacio de almacenamiento (Bodega), equipos de desplazamiento (Puentes grúas, montacargas, estibadoras, carretillas manuales, estibas, herramientas, etc.), operarios de planta, funcionarios de calidad, supervisores, equipos de comunicación (Teléfonos, radios, Internet, teléfono) y servicios públicos (Electricidad, Agua), depreciaciones contables de los equipos e implementos.
- **Costos de mantenimiento de Equipo/Maquinaria**: Costos relacionados por el mantenimiento general de los equipos como: Montacargas, puentes grúas, basculas, estibadoras, etc.), entre ellos salarios de personal de mantenimiento (Ingenieros, técnicos Mecánicos, Electro-mecánicos, Lubricadores, soldadores, etc.). Además de los recursos asignados al mantenimiento de las bodegas y las áreas asignados al almacenamiento de los productos terminados. Con los respectivos consumos en servicios públicos (Gas, Agua, Electricidad, etc.).

Con todas las actividades anteriores se determinó los costos totales mensuales de un periodo de 10 meses; En los cuales se realizó el seguimiento de los costos relacionados generados por todas estas actividades.

6.3.3 Costos de pedido:

El costo de realizar un nuevo pedido y este monto está relacionado directamente con el lanzamiento de órdenes de producción (WO-WORD ORDER); Para que el área Producción de inicio a la producción de un grupo o lotes de artículos de las distintas referencias determinados por el Área comercial en coordinación con el Programador de Planeación. Este costo depende de las actividades y recursos consumidos para llevar esta labor a cabo y con ayuda de los informes de costos mensuales, se pudieron establecer los montos estimados en la ejecución de las actividades necesarias para la determinación de los programas de producción y el lanzamiento de las respectivas WO's para su ejecución en planta.

- **Realizar Ordenes de producción (WO's):** Elaboración de la orden de producción (WO); Teniendo en cuenta los programas de producción y las limitantes de los procesos productivos. Para la ejecución de esta actividad se realizan programaciones mensuales para dar las secuencias, prioridades y orden general de los centros de trabajo para su ejecución.

Programaciones semanales como elementos de control a las secuencias establecidas, acompañadas de modificaciones generadas por prioridades, tiempos de entrega, compromisos con proyectos de alta impacto, etc. Además de las revisiones diarias para programación de despacho, consolidación de carga; Para referencias de rotación alta como los tipo A y B.

Recursos requeridos para esta actividad: Programador de producción, Jefe de Producción, equipos de cómputo, software y licencias, comunicaciones

(Radios, Internet, teléfono, etc.), papelería y suministros, espacio administrativo de oficinas, servicios públicos (Electricidad, Agua, Internet etc.).

- **Creación de códigos de productos y sus respectivos procesos:** Creación del código del producto, código de proceso, clasificación de familia, ubicación de sucursal y asignación de bodega de almacenamiento según la distribución de su unidad de negocio. Para esto se requieren recursos en: Papelería, suministros, equipos de cómputo, medios de comunicación (Radios, teléfonos), supervisores, analistas de datos y digitadores, espacio administrativo de oficinas, servicios públicos (Electricidad, Agua, Internet etc.).
- **Seguimiento y control de Producción:** Control de piso a la producción dadas las referencias a producir con sus respectivas las cantidades, control de tiempos de entrega, control calidad a las Características técnicas (Color, peso por unidad, resistencia, recubrimiento de galvanizado, pruebas de doblez, burilado y roscado, etc.). Para estas actividades se requiere Jefe de producción, operarios, funcionarios de calidad, supervisores, equipos de inspección, herramientas, equipos de cómputo, software y licencias, equipos de comunicación (Radios, teléfono, etc.), servicios públicos (Electricidad, Agua, Internet etc.).
- **Seguimiento y control a las disponibilidades de producto terminado:** Seguimiento, revisión y ajustes de las disponibilidades de acuerdo a los reportes de producción, reportes de devoluciones, y reportes de reclasificación dadas por deterioró o daño por manipulación. Para estas actividades se requiere Jefe de producción, operarios, funcionarios de calidad, supervisores, equipos de inspección, herramientas, equipos de cómputo, software y licencias, equipos de comunicación (Radios, teléfono, etc.), servicios públicos (Electricidad, Agua, Internet etc.).

6.3.4 Costo de escasez o pendientes (Back Order)

En ocasiones cuando la demanda de un cliente no se puede cumplir a totalidad debido a disponibilidad de producto terminado se presenta una ruptura de inventario o ruptura de Stock. Se habla de la categoría de órdenes pendiente o Back Order que además si el cliente acepta la recepción del complemento del pedido fuera de plazo, se denominan o entran en este grupo de órdenes.

Este tipo de órdenes entran en análisis en la programación de producción descrita o denominada como pedidos de escasez planificada, pedidos a cumplir con prioridad en el siguiente periodo de producción.

En la práctica este efecto genera insatisfacción general a todos los clientes provocando pérdidas futuras, mala publicidad y desprestigio en el medio; Además para lograr por parte de Corpacero S.A el cumplimiento de los pedidos pendientes le conlleva a la organización a incurrir gastos considerables del trabajo y recursos extras en tratar de recuperar la imagen y dar cumplimiento a los compromisos ya pactados con los clientes. Para este tipo de montos es muy difícil tazar costos tan subjetivos pero importantes como lo es la imagen corporativa y el prestigio en el medio.

6.4 INDICADORES DE EVALUACION AL MODELO DE GESTIÓN APLICADO

A partir del planteamiento de las nuevas políticas de gestión de inventarios, es indispensable el diseño e implementación de un grupo de indicadores que faciliten y demuestren los resultados para realizar el respectivo análisis para determinar y cuantificar las diferencias entre los resultados históricos de los modelos usados contra los obtenidos y medidos por las nuevas políticas de gestión planteadas bajo

las directrices de este proyecto. Como otra herramienta de seguimiento y control los indicadores seleccionados serán descritos especificando características como:

- Nombre del Indicador.
- Objetivo por el cual fue creado.
- Fórmula de cálculo.
- Periodicidad de aplicación.
- Unidades de medida.
- Responsable de ejecución.
- Área de ejecución.

Las descripciones de los indicadores se muestran a continuación, en las tablas (9) a la (13).

Tabla 9: Indicador Nivel de Servicio

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Nombre del indicador	Nivel de Servicio
Objetivo	Determinar el nivel general de cumplimiento a la demanda; Sin tener una situación de falta de inventarios
Fórmula de cálculo	Inventario Disponible/ Demanda(Pedidos en Firme)
Unidades de medida	Unidades Porcentual
Periodicidad	Semanal- Mensual
Responsable	Programador de Producción
Área de toma de datos	Área de Producción

Fuente: Autor de proyecto.

El anterior indicador es de vital importancia dado que este es el aumento del nivel de servicio es el fundamento de la aplicación de este proyecto.

Tabla 10: Indicador A.T.P

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Nombre del indicador	A.T.P (Available to promise)
Objetivo	Determinar las cantidades disponibles para prometer al ser cubierto los pedidos en firme y el inventario de seguridad.
Fórmula de cálculo	Inventario Disponible - Pedidos en Firme - Inventario de seguridad
Unidades de medida	Unidades de producto
Periodicidad	Diario - Semanal
Responsable	Programador de Producción
Área de toma de datos	Área de Producción
Observación*	A tener en análisis; Si y solo si su relación es positiva

Fuente: Autor de proyecto.

Este indicador responde a una necesidad planteada por el área comercial; Y es determinar posibles niveles de producto terminado para cubrir ventas que no están contempladas en las estimaciones de ventas y que se presentan de manera aleatoria a los asesores comerciales.

Tabla 11: Indicador Pendientes (Back Order).

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Nombre del indicador	Pendientes (Back Order).
Objetivo	Determinar cuando el inventario disponible no es suficiente para satisfacer la demanda
Fórmula de cálculo	Pedidos en Firme + Inventario de seguridad - Inventario Disponible
Unidades de medida	Unidades de producto
Periodicidad	Diario - Semanal
Responsable	Programador de Producción
Área de toma de datos	Área de Producción
Observación*	A tener en análisis; Si y solo si su relación es negativa

Fuente: Autor de proyecto.

Tabla 12: Indicador Inventario Actual.

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Nombre del indicador	Inventario Actual
Objetivo	Evidenciar y controlar el nivel promedio del inventario de producto terminado.
Fórmula de cálculo	Promedio semanal del inventario disponible a diario
Unidades de medida	Unidades de producto
Periodicidad	Semanal
Responsable	Programador de Producción
Área de toma de datos	Área de Producción

Fuente: Autor de proyecto.

Tabla 13: Indicador Producción mensual.

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Nombre del indicador	Producción mensual
Objetivo	Determinar el nivel de fabricación mensual de producto terminado y contrastar con los programas de producción. Evaluando rendimiento de la planta
Fórmula de cálculo	Promedio mensual de la producción total de tubería Tipo Conduit.
Unidades de medida	Unidades de producto
Periodicidad	Mensual
Responsable	Programador de Producción
Área de toma de datos	Área de Producción

Fuente: Autor de proyecto.

7. MANUAL DEL USUARIO DE LA HERRAMIENTA DE PROGRAMACION

7.1 ALCANCE DE LA HERRAMIENTA

El alcance de esta herramienta busca facilitar los cálculos para la determinación de un nivel de inventario óptimo que responda a la demanda específica del medio, teniendo en cuenta una serie de características como el nivel de servicio, el inventario disponible, los inventarios de seguridad, y el tipo de distribución estadística para cada una de las referencias a elección del usuario.

7.2 DESCRIPCION DE LA HERRAMIENTA

El cuerpo de esta herramienta informática consiste en una planilla de cálculo (Excel), programada en lenguaje de programación Visual Basic y consta de un grupo de formularios (Macros); Las cuales solicitan, contienen y operan los grupos de datos e informaciones específicas suministradas por el usuario.

La herramienta realiza una simulación basada en el método de MonteCarlo, técnica que descansa sobre técnicas que permiten obtener soluciones de problemas matemáticos o físicos por medio de pruebas aleatorias repetidas, pruebas aleatorias que en este caso específico para Corpacero S.A y para el desarrollo de este proyecto; Se sustituyen por resultados de ciertos cálculos y operaciones realizados con números pseudo-aleatorios. Los cuales fueron generados por un algoritmo matemático completamente determinístico.

7.3 DATOS REQUERIDOS PARA EL ARRANQUE Y FUNCIONAMIENTO DE LA HERRAMIENTA

Es un grupo de datos, características y elementos de caracterización que dan a la herramienta una estructura para generar de manera eficiente y óptima los escenarios requeridos Corpacero para la toma de decisiones, basados en

resultados generados con fundamentos matemáticos estrictos, dejando de lado la subjetividad a la cual puede estar sujeto este tipo de decisiones. Entre la información y los datos solicitados tenemos:

Información básica del producto o referencia en análisis, entre ellos:

- Nombre o descripción de la referencia en análisis.
- Código de referencia.
- Inventario disponible a la fecha de análisis.

Elementos para la determinación de los pronósticos:

- 12 meses de pronóstico de la demanda, para la referencia en estudio.

Elementos para la determinación del inventario de seguridad:

- Nivel de servicio estimado.
- Demanda promedio mensual.
- Desviación estándar de la demanda.
- Tiempo de aprovisionamiento (Lead Time).
- Desviación estándar de Tiempo de aprovisionamiento.

Elementos para la generación de la simulación:

- Tipo de distribución estadística
- Elementos característicos de la distribución seleccionada.

7.4 ENTORNO Y FUNCIONAMIENTO DE LA HERRAMIENTA

Una vez dado inicio al programa nos encontramos de primera mano con el menú de inicio que permitirá dar elección a las opciones de arranque del proceso de simulación como método de determinación de las nuevas políticas de inventario.

Figura 14: Menú de Inicio



Fuente: Autor de proyecto.

Al acceder a la opción **GESTIÓN DE STOCK**, aparecerá el menú de **Planeación de Producción para Inventarios** ilustrado por la figura (14); El cual contiene las siguientes opciones a los menús:

- Nuevo Producto
- Modificación de Producto
- Pronósticos
- Informes

Además de la opción de **SALIR**, que tiene como función la salida del menú **Planeación de Producción para Inventarios**; Y la opción **NUEVA GESTIÓN DE STOCK**, la cual es una rutina que permite la limpieza total de la bases de datos e información almacenados en la herramienta para dar paso a una nueva partida de simulaciones.

Este menú será de uso recurrente debido a que desde él se accede a todos los menús de la herramienta. Los cuáles serán descritos en el presente sub-capítulo.

Figura 15: Menú Nuevo Producto.



Fuente: Autor de proyecto.

Figura 16: Menú Modificación Producto.

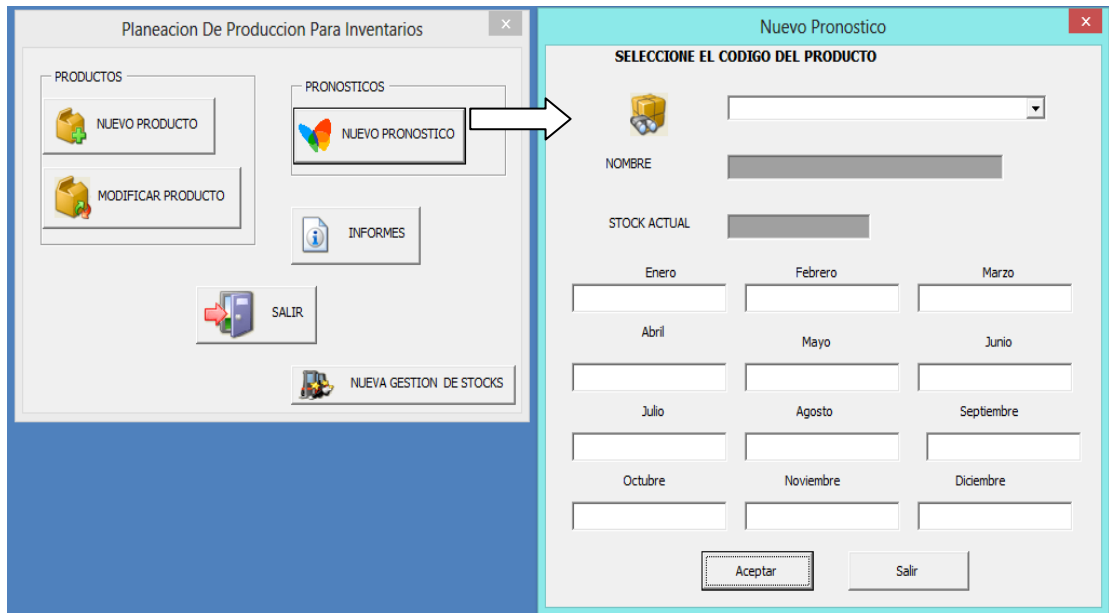


Fuente: Autor de proyecto.

En las anteriores figuras se describirán los menús de **NUEVO PRODUCTO** figura (15), indispensable en la etapa de alimentación de la herramienta Y **MODIFICACION PRODUCTO** figura (16), necesario para los ajustes requeridos o provocados durante el estudio y desarrollo de las nuevas políticas de inventario.

Estos son los menús iniciales del proceso de determinación de las nuevas políticas de inventario.

Figura 17: Menú Nuevo Pronostico



Fuente: Autor de proyecto.

En la ejecución de la herramienta, al seleccionar la opción **NUEVO PRONOSTICO** figura (17), nos permite suministrar los pronósticos de la demanda mensual para la referencia en análisis y de igual manera este módulo nos permite la modificación de las cantidades de los pronósticos tanto total como específica, indispensable para la generación de múltiples escenarios de investigación requeridos para la simulación de MonteCarlo.

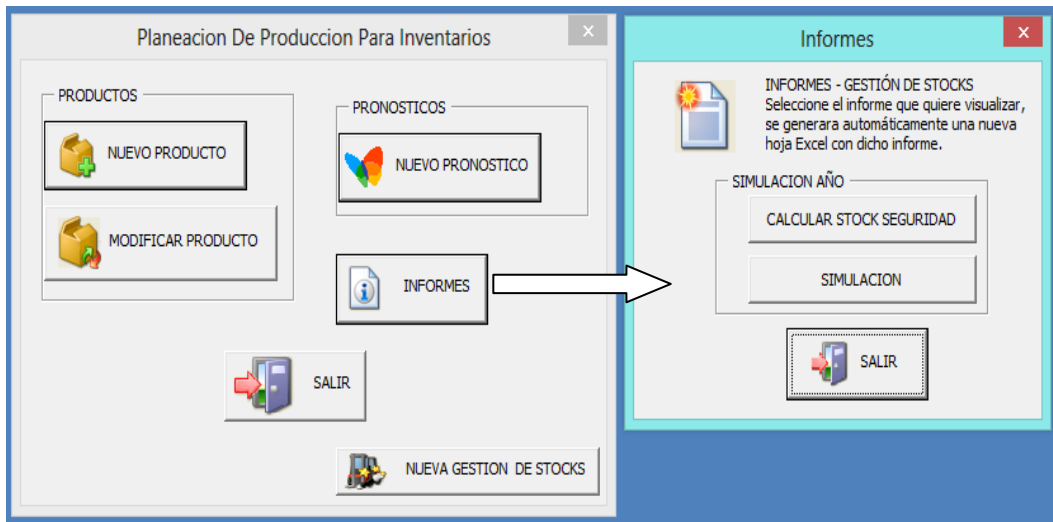
Si faltan datos o alguno de los datos no se encuentra dentro de los criterios de restricción del programa, aparecerá un mensaje que le indicara al usuario cual es el problema para que lo corrija y le sea permitido avanzar. Como se ve en el caso anterior ilustrado en la figura (18).

Figura 18: Error por datos faltantes o erróneos.



Fuente: Autor de proyecto.

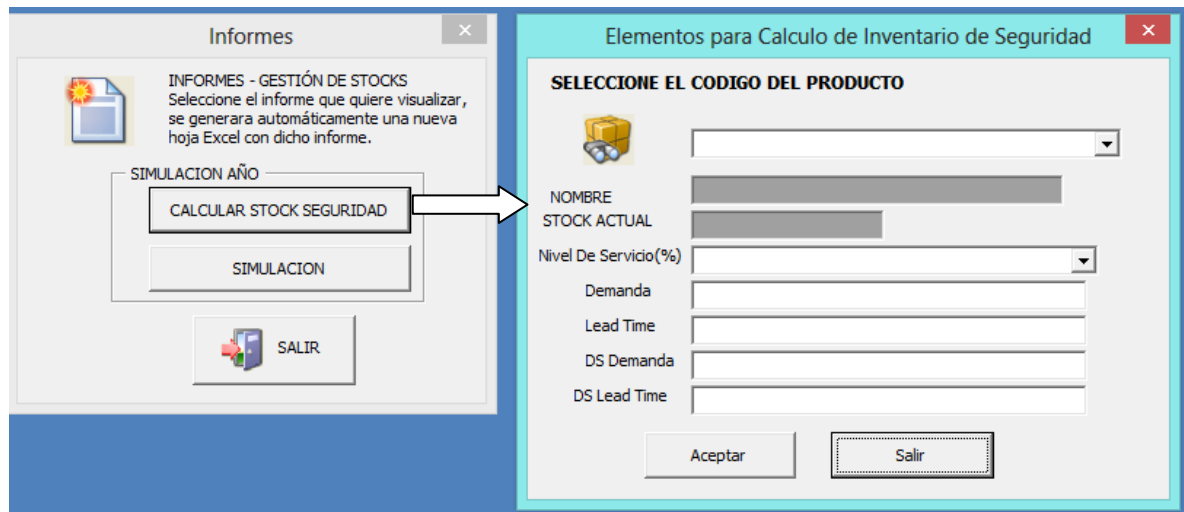
Figura 19: Menú Informes



Fuente: Autor de proyecto.

Culminado exitosamente el proceso de alimentar las bases de datos con los requerimientos de información solicitados por la herramienta; Se requieren como paso siguiente los **Inventarios de Seguridad**. En este punto se requiere el menú de **INFORMES** figura (19) Y acceder por la opción de **CALCULAR STOCK SEGURIDAD** figura (20).

Figura 20: Elementos para cálculo de Inventario de seguridad.



Fuente: Autor de proyecto.

Al seleccionar la opción “**CALCULAR STOCK SEGURIDAD**”, se puede observar la entrada de datos necesarios para la ejecución de la herramienta y los respectivos valores a ingresar son: Código referencia, Nivel de servicio (%), Demanda Promedio mensual (Unidades/Mes), Desviación estándar de demanda promedio mensual, Tiempo de aprovisionamiento de proveedor – **Lead Time** (Días), Desviación estándar de tiempo de aprovisionamiento.

Para la determinación del Lead Time para la línea se realizó un estudio de los tiempos de producción total para la fabricación de una unidad de producto terminado de tubería. Y los tiempos entre los distintos procesos involucrados en la línea de producción con sus respectivos análisis estadísticos.

Con esta información la herramienta genera la cantidad del Inventario de Seguridad para la referencia en análisis. Resultado que es almacenado en la herramienta con los datos de origen de la misma figura (21), los cuales serán requeridos para las corridas de simulación a la cual serán sometidas las referencias en estudio en la determinación de las nuevas políticas de inventario para aplicación en Corpacero S.A.

Figura 21: Calculo Stock de Seguridad.

CALCULO STOCK DE SEGURIDAD (INVENTARIO MINIMO)		
CODIGO PRODUCTO	647	
REFERENCIA PRODUCTO	T.CONDUIT GLV.C/U 1/2"X3.05m	
DESCRIPCION PRODUCTO	IMC, GALVA, ROSCADA	
INVENTARIO ACTUAL	2000	

NOMBRE	SIMBOLO	VALOR
Nivel de Servicio ^o	N.S	90
Inv.Minimo	I.M	1.118
Factor de Servicio	K	1,28
Demanda(Unidades/Mes)	D	1.250,00
Lead Time	L	1,07
D.Standar Demanda	σ .D	350,00
D.Standar Lead Time	σ .L	0,64



Fuente: Autor de proyecto.

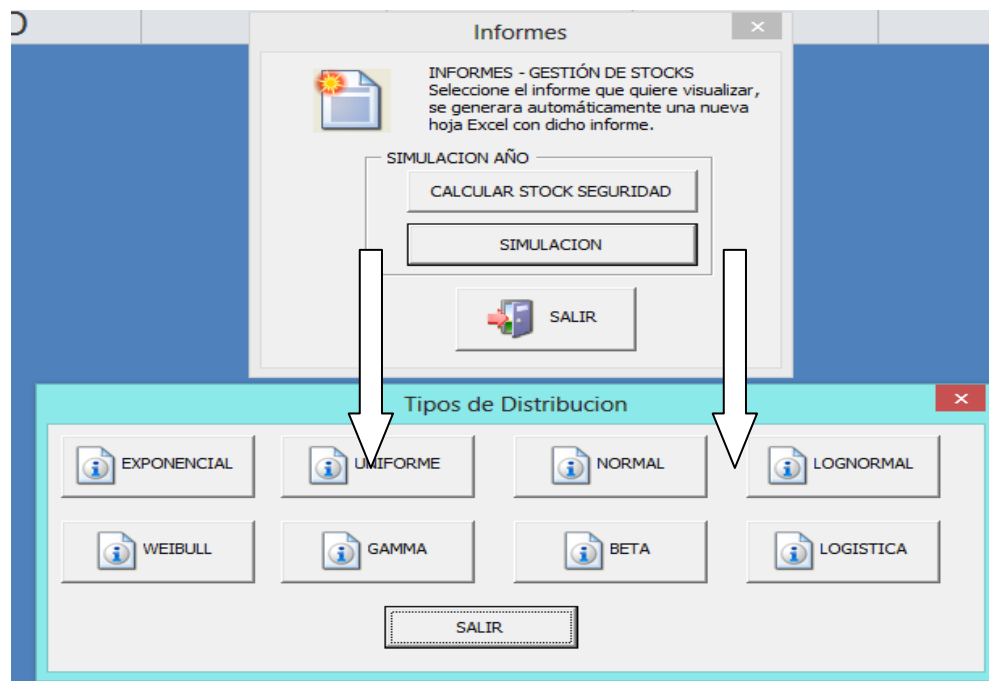
Como paso final de la etapa del registro de la información, datos, y cálculos requeridos. La herramienta calcula los Inventarios de seguridad basado en los fundamentos del **“Control de inventarios de ítems individuales con demanda probabilística y tiempos de reposición aleatorios”**.

Con las condiciones iniciales completas, Se puede dar inicio al proceso de simulación basada en el método de MonteCarlo. Y para el desarrollo del mismo se configuro en la herramienta un grupo de distribuciones de probabilidad desde los comportamientos comunes como la distribución Uniforme, hasta distribuciones especializadas, tales como:

- Distribución Exponencial
- Distribución Uniforme
- Distribución Normal
- Distribución Lognormal
- Distribución Weibull
- Distribución Gamma
- Distribución Beta
- Distribución Logística

La selección de distribuciones de probabilidad avanzadas como la distribución Gamma y Beta, se toman en cuenta con el objetivo final de ampliar el rango de análisis, que abarquen los comportamientos específicos presentados por las referencias bajo análisis en la línea de tubería metálica de conducción eléctrica tipo Conduit pertenecientes a Corpacero S.A.

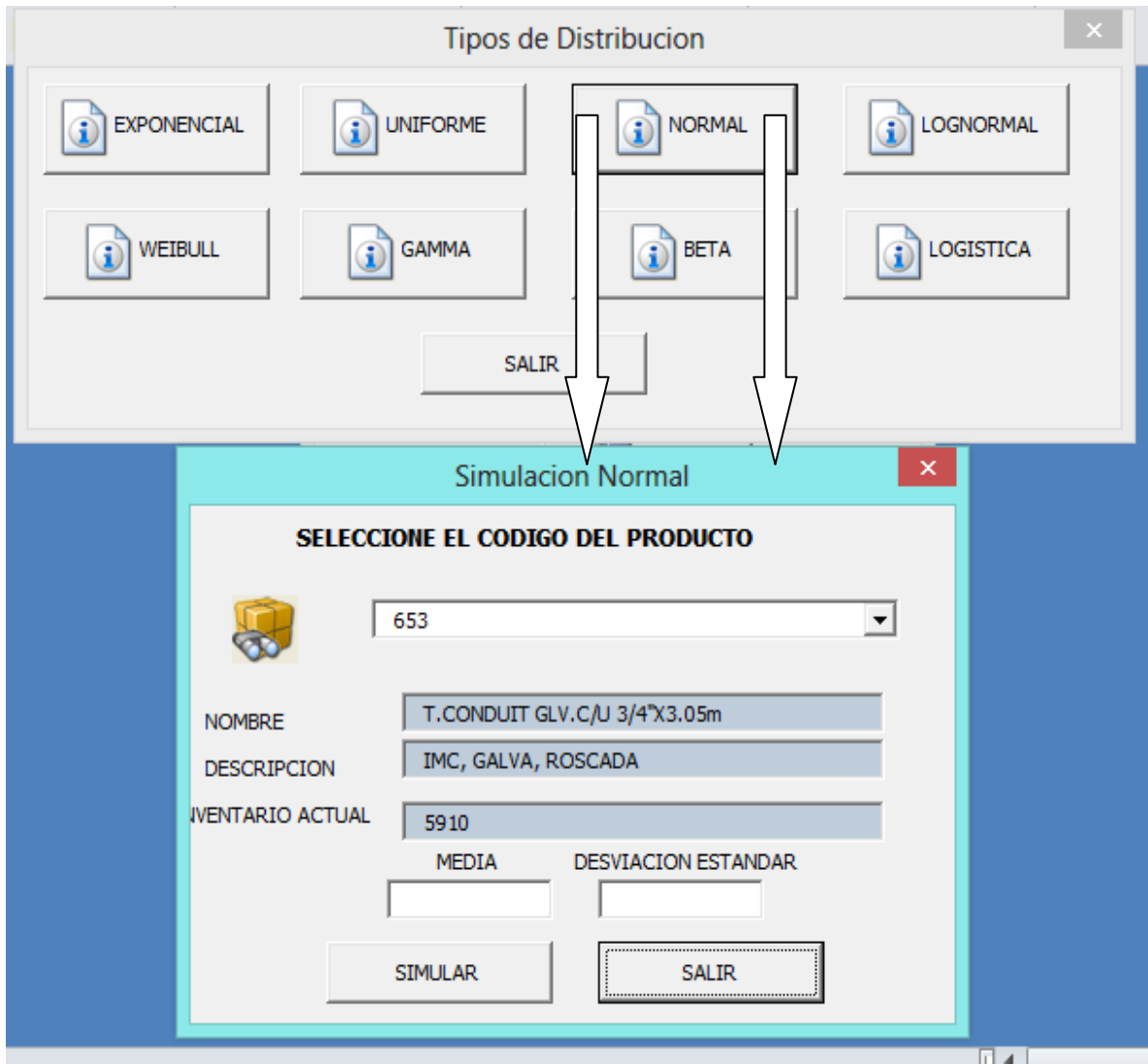
Figura 22: Tipos de distribuciones a simular en la herramienta.



Fuente: Autor de proyecto.

En la etapa de análisis se genera la simulación basado en las características del comportamiento de la demanda y su respectiva distribución de probabilidad al cual está sujeta la serie de datos analizada. Como lo ilustra la figura (23).

Figura 23: Parámetros específicos de la distribución seleccionada.



Fuente: Autor de proyecto.

A modo de ilustración los siguientes son los elementos requeridos por una simulación ajustada a un comportamiento normal:

comportamientos de la series de datos y lograr determinar los inventarios mínimos que respondan a los niveles de servicio, mitigando los efectos provocados por la variabilidad de la demanda y los tiempos de reaprovisionamiento por parte del proveedor que para el caso de Corpacero S.A, es el área de producción.

Para el análisis y determinación de estas cantidades la herramienta calcula una serie de indicadores figura (25) para facilitar esta tarea. Fueron descritos a conformidad en el sub-capitulo (6.4). Entre los cuales tenemos: Nivel de servicio, A.T.P, Pendientes, Inventario actual, Producción mensual.

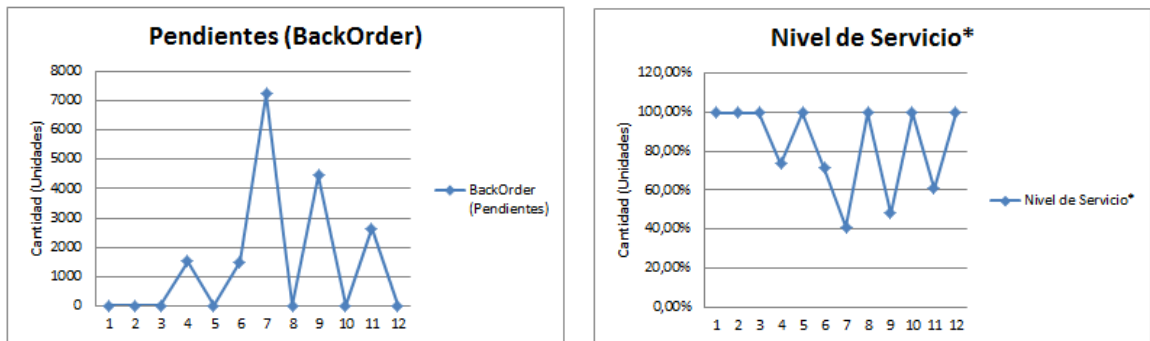
Figura 25: Indicadores de la herramienta.

Estadística Descriptiva		Inv. Maximo	2620
α	0,05	Nivel de Servicio	90,0%
Inv. Actual		Nivel de Servicio	
Media Geometrica	1.525,67	Media Geometrica	73%
Media Muestral	1.545,73	Media Muestral	77%
Desviacion Estandar	259,00	Desviacion Estandar	23%
Valor Maximo	2.620,00	Valor Maximo	100%
Valor Minimo	1.131,00	Valor Minimo	21%
Amplitud de Int. Confianza	48,85	A.T.P	
I.C para la media	1.496,89	Media Geometrica	#¡NUM!
	1.594,58	Media Muestral	11,59
Demanda		Desviacion Estandar	83,01
Media Geometrica	811,88	Valor Maximo	750,00
Media Muestral	1.145,09	Valor Minimo	0,00
Desviacion Estandar	887,01	Pendientes	
Valor Maximo	5.189,00	Media Geometrica	#¡NUM!
Valor Minimo	33,00	Media Muestral	689,27
Amplitud de Int. Confianza	167,29	Desviacion Estandar	874,87
I.C para la media	977,81	Valor Maximo	4.887,00
	1.312,38	Valor Minimo	0,00
Produccion Mensual			
Media Geometrica	#¡NUM!		
Media Muestral	2.057,89		
Desviacion Estandar	1.302,52		
Valor Maximo	7.507,00		
Valor Minimo	0,00		
Amplitud de Int. Confianza	245,65		
I.C para la media	1.812,24		
	2.303,54		

Fuente: Autor de proyecto.

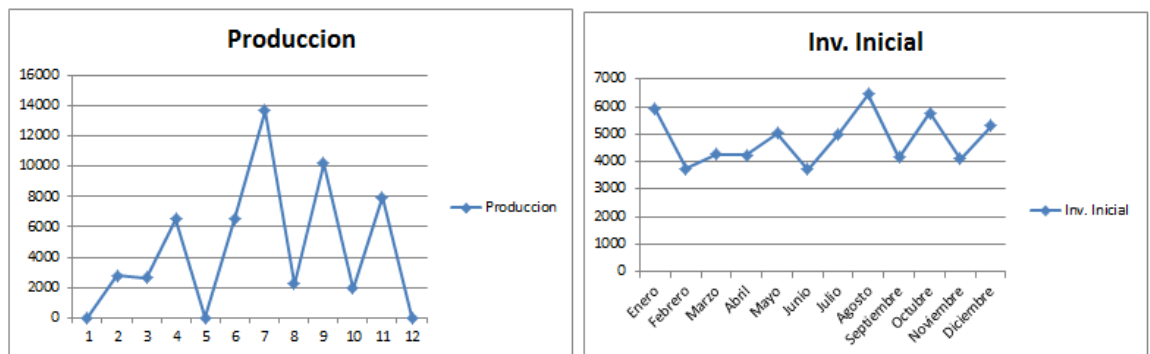
Y este grupo de indicadores está acompañado de su propia gráfica de series figura (26, 27 Y 28); Lo que facilita el seguimiento, análisis y control del comportamiento en la ejecución de los escenarios provocados por la simulación.

Figura 26: Graficas de series de datos para los indicadores **Pendientes (Back Order)** y **Nivel de servicio.**



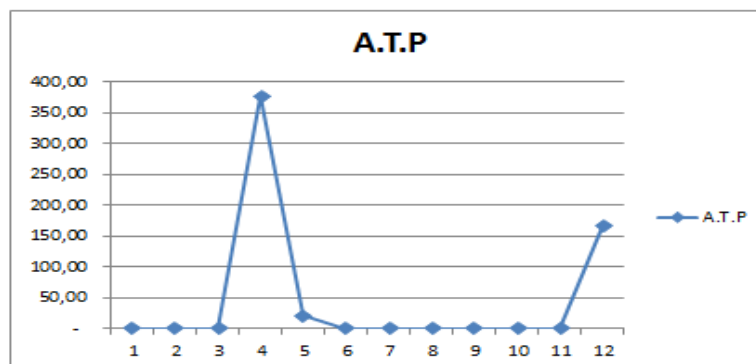
Fuente: Autor de proyecto.

Figura 27: Graficas de series de datos para los indicadores **Producción e Inventario Inicial.**



Fuente: Autor de proyecto

Figura 28: Graficas de series de datos para los indicador de **A.T.P.**



Fuente: Autor de proyecto

La herramienta está diseñada para generar los resultados de las simulaciones en hojas a la ubicación elegida por el usuario en formato .xps; También puede salir del programa o volver al inicio del mismo, para dar inicio a una nueva parametrización e inicio de un nuevo escenario de análisis.

CONCLUSIONES

El objetivo de este proyecto era diseñar, desarrollar y crear una herramienta de programación computacional que facilitara la determinación de las políticas óptimas de los inventarios de las referencias de tubería en análisis por parte de este proyecto; Logrando simular exitosamente el comportamiento de la demanda en series de tiempo, a partir de unos parámetros establecidos e ingresados a la herramienta permitiendo análisis más profundo de los posibles escenarios solución a esta problemática.

La herramienta de programación sujeta a las condiciones suministradas inicialmente y tomando toda la información salida producto de la ejecución de la simulación, genera posibles escenarios de solución a la problemática de determinación de las políticas de inventarios para cada referencia de tubería de conducción eléctrica tipo Conduit en el estudio de este proyecto.

La herramienta permite generar individualmente distintos escenarios de solución, manteniendo constantes los parámetros iniciales y modificando alguna característica específica para ampliar el rango de análisis a la posible solución, al contrastar el efecto de la modificación en los resultados de los escenarios los cuales son exportados en formato .xps para ser almacenados y posteriormente analizados.

El factor crítico más incidente en las variables de análisis y registro en la herramienta es la demanda, por tal razón es importante el apoyo de herramientas tales como software de análisis estadísticos robustos como: SPSS® (Statistical Package for the Social Sciences), Statgraphics® o Minitab® para dar confiabilidad a los resultados de dichos análisis.

La simulación ha comprobado ser una herramienta muy confiable y eficaz para analizar los parámetros que intervienen en la gestión de los inventarios,

permitiendo evaluar los respectivos indicadores de gestión para medir la eficiencia de la implementación de las propuestas de mejora.

El desarrollo de políticas de inventarios, debe estar sustentado en una estructura de costos que permita identificar el consumo específico de los recursos, al realizar cada una de las actividades que se llevan a cabo en el proceso de gestión de los inventarios tanto actividades directa y directamente relacionadas con este proceso.

RECOMENDACIONES

Realizada la clasificación A, B, C ver tabla (6); Esta evidencia la baja o nula rotación de tres referencias de la familia RIGID en lo transcurrido del año 2012. Lo que nos lleva a la recomendación del retiro de estas referencias del portafolio de productos. Logrando con esta acción la disminución de los costos inherentes a la planeación, programación, producción y gestión de los inventarios de las referencias en mención.

Esta herramienta se puede parametrizar de forma didáctica para el estudio y determinación de las políticas de inventarios para productos diferentes a las referencias de tubería analizadas en este proyecto. Lo que potencia y no limita el amplio uso de la herramienta para todo el portafolio de productos ofrecidos por Corpacero S.A.

Incluir nuevos modelos de inventarios a la herramienta potenciando la capacidad de operación, logrando análisis costo-beneficios entre modelos bajo un mismo escenario de pruebas.

El tiempo de espera de la simulación para generar los escenarios de análisis, depende de dos factores: número de iteraciones y el número de repeticiones por referencia. Por lo cual se recomienda la adquisición de equipos de cómputo especializados necesarios para agilizar los tiempos de proceso e iteración en la herramienta, acompañado de la respectiva capacitación del personal para el manejo correcto y aprovechamiento máximo de la herramienta.

El diseño de experimentos a la par con la simulación ha confirmado ser herramientas complementarias, las cuales facilitan el diseño y la evaluación detallada del comportamiento real de un sistema de inventarios, con el objetivo final de proponer estrategias y propuestas de mejora.

Con esto en mente se recomienda ampliar a una segunda fase enfocada en la determinación de las políticas de inventarios, basados en una propuesta de ejecución conjunta de métodos de simulación y diseño de experimentos.

Crear conciencia en el personal, fundamentado en los todos los cargos la cultura del desarrollo, documentación y cumplimiento de cada uno de los procedimientos de la organización, permitiendo la revisión y actualización constante de las bases de datos aumentando la efectividad de la información a la cual se puede acceder.

BIBLIOGRAFÍA

Azarang, M. R. y García Dunna, E. Simulación y Análisis de Modelos Estocásticos. México.: Editorial McGraw-Hill Interamericana de México, S.A. de C.V. 1996. 250 p.

BALLOU, Ronald H. Logística. Administración de la cadena de suministros. 5 Ed. México: Pearson Educación, 2004. 816p.

BELTRÁN JARAMILLO, Jesús Mauricio. Indicadores de Gestión. Guía Práctica para Estructurar Adecuadamente esta Herramienta Clave para el Logro de la Competitividad. 2 Ed. Santa Fe de Bogotá: 3R Editores, 1998. 147p.

BOTERO BOTERO, Ernesto. Administración de Almacenes e Inventarios. Bogotá: Escuela de Administración de Negocios. 1997.

COS, Jordi Pau. y DE NAVASCUES, Ricardo. Manual de logística integral. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos S.A., 2001. 823p.

CHOPRA, Sunil y MEINDL, Peter. Administración de la cadena de suministro. Estrategia, planeación y operación. 3ra edición. México, Pearson Educación 2008.
SORET, Ignacio. Logística comercial y empresarial. 3ra edición. Madrid Esic Editorial, 2001.

DIEZ DE CASTRO, E. Distribución Comercial. 2 Ed. Madrid, España: McGraw-Hill.1997.

FERRIN GUTIERREZ, Arturo. Gestión de stocks en la logística de almacenes. 2 Ed. Madrid, España: FC Editorial, 2007. 206p.

GUTIÉRREZ, G. y PRIDA, B. Logística y distribución física: evolución, Situación actual, análisis comparativo y tendencias. Madrid, España: McGraw-Hill. 1998.

MAKRIDAKIS, Spyros y WHEELWRIGHT, Steven. Manual de técnicas de pronósticos. 1ra edición. México Editorial Limusa 1997.

QUEVEDO, Fabián Leonardo y REYES, Arnold. Diseño e implementación del modelo de gestión de proveedores y modelo de gestión de inventarios para productos de consumo frecuente de Comertex S.A. Trabajo de grado Ingeniería Industrial. Bucaramanga – Colombia. Universidad Industrial de Santander. Tesis 2012. 142 Pág.

SIPPER, Daniel y BULFIN, Robert L. Planeación y Control de la Producción. Mc Graw Hill. 1998. 657 p.

TAHA, Hamby A. Investigación de operaciones. 7 ed. México: Pearson Educación, 2004. 848p.

VIDAL HOLGIN, Carlos Julio. Fundamentos de gestión de inventarios. 3 Ed. Santiago de Cali, Colombia: Universidad del Valle, 2005. 249p.

ANEXO

(VER INFORMACION CARPETA ANEXA).