



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN PROCESOS DE
AUTOMATIZACIÓN**

TEMA

**MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL PARA UN SISTEMA DE
PLANEACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE MATERIALES (MRP) EN LA
EMPRESA DE CALZADO DE SEGURIDAD INDUSTRIAL MARCIA.**

Trabajo de Graduación Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización.

Sub línea de Investigación: Gestión de sistemas de planeación y control de la producción de bienes industriales

AUTOR: César Tadeo Fierro Freire

TUTOR: Ing. Mg. César Anibal Rosero Mantilla

Ambato-Ecuador

2017

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Trabajo de Investigación sobre el tema: **MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL PARA UN SISTEMA DE PLANEACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE MATERIALES (MRP) EN LA EMPRESA DE CALZADO DE SEGURIDAD INDUSTRIAL MARCIA**, del señor **FIERRO FREIRE CÉSAR TADEO**, estudiante de la Carrera de Ingeniería **INDUSTRIAL EN PROCESOS DE AUTOMATIZACIÓN**, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el numeral 7.2 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato Mayo, 2017

EL TUTOR



Ing. Mg. César Anibal Rosero Mantilla

AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: **MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL PARA UN SISTEMA DE PLANEACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE MATERIALES (MRP) EN LA EMPRESA DE CALZADO DE SEGURIDAD INDUSTRIAL MARCIA**, es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato Mayo, 2017



Fierro Freire César Tadeo

CC: 1804451712

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ambato Mayo, 2017



Fierro Freire César Tadeo

CC: 1804451712

APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Ing. Mg. Galleguillos Pozo Rosa Elizabeth e Ing. Mg. Tigre Ortega Franklin Geovanny, revisó y aprobó el Informe Final del Proyecto de Investigación titulado MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL PARA UN SISTEMA DE PLANEACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE MATERIALES (MRP) EN LA EMPRESA DE CALZADO DE SEGURIDAD INDUSTRIAL MARCIA, presentado por el señor Fierro Freire César Tadeo de acuerdo al numeral 9.1 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Mg. Elsa Pilar Urrutia Urrutia
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL



Ing. Galleguillos Pozo Rosa Elizabeth
DOCENTE CALIFICADOR



Ing. Tigre Ortega Franklin Geovanny
DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

A dios, por haberme encaminado durante todos estos años de profesionalización.

A mi amada madre y abuelita, quienes han sido el motor de mi esfuerzo y sacrificio para lograr este objetivo, brindándome en todo momento apoyo y consejos para hacer de mí una mejor persona.

A mis hermanos, David y Silvia, quienes con sus palabras de aliento no me dejaban decaer para que siguiera adelante y siempre sea perseverante y cumpla mis ideales

Fierro Freire César Tadeo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Técnica de Ambato en especial a la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, por haberme aceptado ser parte de esta maravillosa institución y abierto las puertas de su seno científico, que con su gran planta docente me han permitido adquirir el conocimiento necesario para ser útil en la sociedad.

Agradezco a mi asesor de tesis el Ing. César Rosero, por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento, así como también, por guiarme durante el desarrollo de este proyecto de investigación.

Mi especial agradecimiento al gerente de la empresa Marcia “Buffalo Industrial” el Arq. Patricio Cherrez, por haberme aceptado que desarrolle el proyecto de investigación en su prestigiosa empresa.

Por último, agradezco a mi familia y amigos por el total apoyo durante mi vida universitaria, brindándome consejos y motivación a lo largo de estos años.

Fierro Freire César Tadeo

ÍNDICE

TEMA	1
APROBACIÓN DEL TUTOR	2
AUTORÍA	3
DERECHOS DE AUTOR	4
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN	xvii
CAPÍTULO I	1
1.1. TEMA	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.3. DELIMITACIÓN	3
1.4. JUSTIFICACIÓN	3
1.5. OBJETIVOS	5
CAPÍTULO II	6
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	6
2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	8
2.2.1 Inventario	8
2.2.2 Propósito del Inventario	9
2.2.3 Costos asociados al Inventario	10
2.2.4 Análisis de Procesos	11
2.2.5 Análisis ABC	12
2.2.6 Estudio de Tiempos	13
2.2.7 Pronóstico de la demanda	15
2.2.8 Medición del error del pronóstico	18
2.2.9 Planeación agregada de la producción	19
2.2.10 Programa maestro de producción (MPS)	20
2.2.11 Planeación de requerimientos de materiales (MRP o MRP I)	21
2.2.12 Modelo de Programación Lineal	23
2.3. PROPUESTA DE SOLUCIÓN	26
CAPÍTULO III	27
3.1. MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	27

3.1.1.	Investigación de Campo	27
3.1.2.	Investigación Bibliográfica.....	27
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	28
3.3.	RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	28
3.4.	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	28
3.5.	DESARROLLO DEL PROYECTO	29
CAPÍTULO IV	30
4.1	INTRODUCCIÓN A LA EMPRESA.....	30
4.1.1.	Descripción de Calzado Marcia -Buffalo Industria.....	30
4.1.2.	Cantidad de Empleados.....	39
4.1.3.	Estructura Organizacional.....	40
4.1.4.	Cadena de Suministros	41
4.1.5.	Descripción del producto de análisis	46
4.2	ANÁLISIS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN.....	52
4.2.1	Proceso Productivo	52
4.2.2	Descripción de Maquinaria y Equipo	63
4.2.3	Levantamiento de Procesos	64
4.3	ESTUDIO DE TIEMPOS.....	81
4.4	PRONÓSTICO DE LA DEMANDA	109
4.4.1	Pronóstico de la demanda general.....	109
4.5	CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN	119
4.6	ANÁLISIS DE COSTOS	122
4.6.1	Salario básico.....	122
4.6.2	Costo de un trabajador normal al mes	122
4.6.3	Costo de contratar un trabajador	123
4.6.4	Costo de despedir un trabajador	124
4.6.5	Costo de horas suplementarias y extras.....	125
4.6.6	Costo de contratar mano	125
4.6.7	Costo de Pedir	126
4.6.8	Costo de mantener inventario.....	127
4.6.9	Costo de inventario agotado.....	129
4.7	PLANEACIÓN AGREGADA.....	131

4.9	MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL APLICADO AL MRP	157
4.9.1	Función Objetivo.....	157
4.9.2	Restricción de Demanda y Requerimiento de Materiales.....	158
4.9.3	Restricción de Tamaño de Lote	159
4.9.4	Restricción de Inventario Final con Stock de Seguridad	159
4.9.5	Programación del Modelo en el Software.....	160
4.9.6	Modelo de Programación Lineal en LINGO	162
4.9.7	Análisis de Resultados	167
CAPITULO V		168
5.1.	CONCLUSIONES.....	168
5.2.	RECOMENDACIONES.....	169
REFERENCIAS.....		170
ANEXOS.....		173
ANEXO 1		173
ANEXO 2		174
ANEXO 3		175
ANEXO 4		181

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Variables de decisión y parámetros para el modelo	26
Tabla 2 Botas Industriales (Código)	31
Tabla 3 Calzado Dieléctrico Industrial (Código D)	32
Tabla 4 Calzado De Seguridad de Industrial de Mujer (Código M).....	33
Tabla 5 Calzado Rebajado Industrial (Código R).....	33
Tabla 6 Semibotines Industriales (Código S)	35
Tabla 7 Proveedores de Insumos y Materiales	42
Tabla 8 Ventas de Calzado de seguridad industrial año 2016	46
Tabla 9 Valorización y % de consumo por artículo.....	48
Tabla 10 % de participación acumulada y % de consumo acumulado	49
Tabla 11 Clasificación ABC	51
Tabla 12 Colores de pintura para los cantos	55
Tabla 13 Descripción de Maquinaria empresa MARCIA “Buffalo Industrial”	63
Tabla 14 Diagrama sinóptico del área de Troquelado de Cuero.....	64
Tabla 15 Diagrama analítico del área de Troquelado de Cuero.....	65
Tabla 16 Diagrama sinóptico del área de Troquelado de forros y complementos.....	66
Tabla 17 Diagrama analítico del área de Troquelado de forros y complementos	67
Tabla 18 Diagrama sinóptico del área de Destellado y Etiquetado	68
Tabla 19 Diagrama analítico del área de Destellado y Etiquetado	69
Tabla 20 Diagrama sinóptico del área de Aparado	70
Tabla 21 Diagrama analítico del área de Aparado.....	71
Tabla 22 Diagrama sinóptico del área de Conformado de Talón	72
Tabla 23 Diagrama analítico del área de Conformado de Talón	73
Tabla 24 Diagrama sinóptico del área de Pulido de suelas.....	74
Tabla 25 Diagrama analítico del área de Pulido de suelas	75
Tabla 26 Diagrama Sinóptico del área de Montaje.....	76
Tabla 27 Diagrama Analítico del área de Montaje	78
Tabla 28 Diagrama Sinóptico del área de Terminado	79
Tabla 29 Diagrama Analítico del área de Terminado.....	80

Tabla 30 Número de ciclos a observar con el criterio General Electric.	81
Tabla 31 Tiempo Normal área de Troquelado de Cuero	84
Tabla 32 Tiempo Estándar de Troquelado de Cuero	85
Tabla 33 Tiempo Normal de Troquelado de Forros	86
Tabla 34 Tiempo Estándar de Troquelado de Forros.....	87
Tabla 35 Tiempo Normal de Destellado y Etiquetado	88
Tabla 36 Tiempo Estándar de Destellado y Etiquetado.....	89
Tabla 37 Tiempo Normal de Aparado	90
Tabla 38 Tiempo Estándar de Aparado	91
Tabla 39 Tiempo Normal de Conformado.....	92
Tabla 40 Tiempo Estándar de Conformado	93
Tabla 41 Tiempo Normal de Pulido de Suelas	94
Tabla 42 Tiempo Estándar de Pulido de Suela	95
Tabla 43 Tiempo Estándar de Untar Pegamento	96
Tabla 44 Tiempo Normal de Montaje.....	97
Tabla 45 Tiempo Estándar de Montaje/Cosido con Strobel	98
Tabla 46 Tiempo Estándar de Montaje/Armado de punta	99
Tabla 47 Tiempo Estándar de Montaje/Pegado de Recuño	100
Tabla 48 Tiempo Estándar de Montaje/Pre Cardado y Rayado.....	101
Tabla 49 Tiempo Estándar de Montaje/Cardado	102
Tabla 50 Tiempo Estándar de Montaje/Pegado	103
Tabla 4.51 Tiempo Estándar de Montaje/Reactivado de pega y Prensado.....	104
Tabla 52 Tiempo Estándar de Montaje/Retirado de Horma	105
Tabla 53 Tiempo Normal de Terminado	106
Tabla 54 Tiempo Estándar de Terminado/Operario 1	107
Tabla 55 Tiempo Estándar de Terminado/Operario 2	108
Tabla 56 Resumen de Ventas del año 2014 al 2016	109
Tabla 57 Cálculo del Factor Estacional	110
Tabla 58 Datos no Estacionales	111
Tabla 59 Cálculo de mínimos cuadrados con demanda no estacional.....	112
Tabla 60 Pronóstico de la demanda de calzado	114
Tabla 61 Resumen de ventas anteriores y pronóstico de la demanda.....	115

Tabla 62 Error del pronóstico	117
Tabla 63 Resultados de las Medidas de Precisión	118
Tabla 64 Capacidad de producción por área.....	120
Tabla 65 Costo de un Trabajador al Mes.....	122
Tabla 66 Costos de Contratación	124
Tabla 67 Costo de un despido intempestivo a un trabajador	124
Tabla 68 Costo de Horas Suplementarias y Extraordinarias	125
Tabla 69 Costo de un Trabajador Eventual	126
Tabla 70 Costos de Pedir Inventario.....	126
Tabla 71 Estimación del costo de mantener inventar.....	127
Tabla 72 Porcentaje de costo de mantener inventario	127
Tabla 73 Costo total Mensual de Mantenimiento de Inventario.....	128
Tabla 74 Costo de materiales por par de calzado	129
Tabla 75 Costos Generales Anuales y Mensuales	130
Tabla 76 Costos Totales Administrativos	130
Tabla 77 Porcentaje de los costos de Fabricación y Administrativos del Safety S10 ..	131
Tabla 78 Costo Total de Fabricación del Safety S10.....	131
Tabla 79 Costo de Inventario Agotado	131
Tabla 80 Pronóstico año 2017 y Días Hábiles por mes	133
Tabla 81 Datos requeridos para la planeación agregada.....	133
Tabla 82 Plan Agregado Estrategia de Ajuste	134
Tabla 83 Requerimiento de Producción a partir del Pronóstico	135
Tabla 84 Plan Agregado Estrategia de Nivel.....	137
Tabla 85 Plan Agregado Estrategia de Mano de obra Estable con horas de Trabajo variable.....	139
Tabla 86 Tabla Resumen de Estrategias de Plan Agregado	140
Tabla 87 Lista de Materiales Secuencial	141
Tabla 88 Lista de Materiales Escalonado	142
Tabla 89 Plan de Requerimiento de Materiales mes de Enero del Año 2017.....	144
Tabla 90 Plan de Requerimiento de Materiales mes de Febrero del Año 2017.....	145
Tabla 91 Plan de Requerimiento de Materiales mes de Marzo del Año 2017.....	146
Tabla 92 Plan de Requerimiento de Materiales mes de Abril del Año 2017.....	147

Tabla 93 Plan de Requerimiento de Materiales mes de Mayo del Año 2017	148
Tabla 94 Plan de Requerimiento de Materiales mes de Junio del Año 2017	149
Tabla 95 Plan de Requerimiento de Materiales mes de Julio del Año 2017	150
Tabla 96 Plan de Requerimiento de Materiales mes de Agosto del Año 2017	151
Tabla 97 Plan de Requerimiento de Materiales mes de Septiembre del Año 2017	152
Tabla 98 Plan de Requerimiento de Materiales mes de Octubre del Año 2017	153
Tabla 99 Plan de Requerimiento de Materiales mes de Noviembre del Año 2017	154
Tabla 100 Plan de Requerimiento de Materiales mes Diciembre del Año 2017	155
Tabla 101 Costo de Pedidos y Costo en Materiales del mes de Enero del 2017	156
Tabla 102 Total de Costo de Pedir y Costo en Materiales.....	157
Tabla 103 Lista de Comando y Funciones de LINGO	160

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Restricción Lineal Básica.....	12
Figura 2 Plan conjunto y plan maestro de producción de colchones.....	16
Figura 3 Elementos que compone un programa general de planeación de necesidad y los informes que se genera.....	18
Figura 4 Ubicación de la empresa.....	25
Figura 5 Bota Industrial Código B-01.....	26
Figura 6 Bota Industrial Código B-02.....	26
Figura 7 Bota Industrial Código B-03.....	26
Figura 8 Bota Industrial Código B-04.....	26
Figura 9 Bota Industrial Código B-05.....	26
Figura 10 Bota Industrial Código B-06.....	27
Figura 11 Bota Industrial Código B-07.....	27
Figura 12 Dieléctrico Industrial Código D-01.....	27
Figura 13 Dieléctrico Industrial Código D-02.....	27
Figura 14 Dieléctrico Industrial Código D-03.....	27
Figura 15 Dieléctrico Industrial Código D-04.....	28
Figura 16 Dieléctrico Industrial Código D-05.....	28
Figura 17 Industrial Mujer Código M-01.....	28
Figura 18 Rebajados Industrial Código R-01.....	28
Figura 19 Rebajados Industrial Código R-02.....	29
Figura 20 Rebajados Industrial Código R-03.....	29
Figura 21 Rebajados Industrial Código R-04.....	29
Figura 22 Rebajados Industrial Código R-05.....	29
Figura 23 Rebajados Industrial Código R-06.....	29
Figura 24 Rebajados Industrial Código R-07.....	30
Figura 25 Semibotines Industrial Código S-01.....	30
Figura 26 Semibotines Industrial Código S-02.....	30
Figura 27 Semibotines Industrial Código S-03.....	30
Figura 28 Semibotines Industrial Código S-04.....	30
Figura 29 Semibotines Industrial Código S-05.....	31
Figura 30 Semibotines Industrial Código S-06.....	31

Figura 31 Semibotines Industrial Código S-07.....	31
Figura 32 Semibotines Industrial Código S-08.....	31
Figura 33 Semibotines Industrial Código S-09.....	31
Figura 34 Semibotines Industrial Código S-10.....	32
Figura 35 Semibotines Industrial Código S-11.....	32
Figura 36 Semibotines Industrial Código S-12.....	32
Figura 37 Semibotines Industrial Código S-13.....	32
Figura 38 Semibotines Industrial Código S-14.....	32
Figura 39 Semibotines Industrial Código S-15.....	33
Figura 40 Semibotines Industrial Código S-16.....	33
Figura 41 Semibotines Industrial Código S-17.....	33
Figura 42 Semibotines Industrial Código S-18.....	33
Figura 43 Semibotines Industrial Código S-19.....	33
Figura 44 Organigrama Estructural de la empresa MARCIA.....	35
Figura 45 Organigrama funcional de la empresa MARCIA.....	36
Figura 46 Diagrama General de la Cadena de Abastecimiento de MARCIA.....	37
Figura 47 Flujo de Información MARCIA.....	39
Figura 48 Flujo de Proceso de la empresa MARCIA.....	40
Figura 49 Grafica ABC.....	45
Figura 50 Bodega Materias Primas.....	48
Figura 51 Troquelados de cueros.....	48
Figura 52 Troquelado de Forros.....	49
Figura 53 Destellado de Cueros.....	49
Figura 54 Preparación de Cortes.....	49
Figura 55 Pegado y Rayado de Cortes.....	50
Figura 56 Aparado.....	51
Figura 57 Ojalillado.....	51
Figura 58 Conformado de Punta y Talón.....	51
Figura 59 Pulido de Plantas.....	52
Figura 60 Pegado de Suelas.....	52
Figura 61 Cosido con el Sistema Strobel.....	53
Figura 62. Armado de Puntas.....	53

Figura 63 Pegado de Recuño.....	54
Figura 64 Pre Cargado.....	54
Figura 65 Rayado de Suelas.....	54
Figura 66 Cardado.....	55
Figura 67 Untar Prymer y pega.....	55
Figura 68 Reactivadora de pega.....	56
Figura 69 Prensado del Calzado.....	56
Figura 70 Enfriado del Calzado.....	56
Figura 71 Sacado de horma.....	57
Figura 72 Terminado.....	57
Figura 73 Venta de calzado durante los años 2014-2016.....	104
Figura 74 Tendencia de datos no Estacionales.....	108
Figura 75 Resumen de ventas pasada y pronosticadas.....	109
Figura 76 Capacidad de Producción por áreas.....	114
Figura 77 Producción vs Capacidad de Producción.....	114
Figura 78 Producción vs Capacidad de Producción.....	135

RESUMEN

Este trabajo de investigación presenta la adaptación de un modelo de programación lineal en un plan de requerimiento de materiales aplicado dentro de la mediana industria del sector productivo de calzado de la provincia de Tungurahua. Para el desarrollo de este proyecto de investigación se utilizan varias técnicas de Ingeniería Industrial para alcanzar a realizar una planeación adecuada a las necesidades de la empresa, entre las cuales están: el estudio de tiempos, levantamiento de procesos mediante ingeniería de métodos, cálculo de pronósticos con factor de estacionalidad, estudio de capacidad, análisis de costos internos y externos a la empresa, planeación agregada y por último plan maestro de producción. El MRP además requiere de una lista de materiales (BOM) la misma que se detalla con sus costos por material, tiempo de entrega y costo de pedido, información que es pertinente para desarrollar un MRP tanto de forma manual como el que se desarrolla con el modelo de programación lineal, poniendo en práctica ambas técnicas de planeación se debe estimar cuál de ellas es mejor para la empresa, mediante la comparación de costos de pedido, costos de mantener inventario y costos de realizar las compras. Todo este estudio se lo realiza para que en el horizonte de planeación establecido exista un importante decremento de los niveles de inventario y tener como resultado la cantidad de material e insumos que se debe tener y pedir durante cada mes del año 2017.

ABSTRACT

This research presents the adaptation of a linear programming model in a material requirements plan applied within the medium industry of the productive sector of footwear of the province of Tungurahua. For the development of this research project several techniques of Industrial Engineering are used to achieve a planning adequate to the needs of the company, among which are: time study, process survey through methods engineering, calculation of forecasts with seasonality factor, capacity study, analysis of internal and external costs to the company, aggregate planning and last master plan of production. The MRP also requires a list of materials (BOM) which is detailed with its costs per material, delivery time and cost of order, information that is relevant to develop an MRP both manually and that developed with the Model of linear programming, putting into practice both planning techniques should be estimated which one is better for the company, by comparing order costs, costs of maintaining inventory and costs of making purchases. All this study is done so that within the established planning horizon there is a significant decrease in inventory levels and result in the quantity of material and inputs that must be had and requested during each month of 2017.

INTRODUCCIÓN

La planificación de materiales permite a una empresa manufacturera tener el control de los ingresos y egresos de los insumos antes, durante y después del proceso productivo, dando a conocer, los costos que incurre pedir, mantener inventario y realizar las compras, siendo una información necesaria para varios departamentos de una organización, dinamizando así, la importancia de manejarse bajo un plan de este tipo.

Para el desarrollo de un MRP, se debe implementar un plan agregado el cual permite conocer a la empresa cual es la estrategia de menor coste y con menor cantidad de recursos durante un horizonte de planeación establecido, además, requiere un MPS mismo que ayuda a conocer cuál es la producción óptima que puede realizar la empresa en un determinado tiempo.

Un MRP no solo ayuda a controlar el inventario de materias primas e insumos, más bien, es una herramienta que permite predecir los costos que posiblemente pueda incurrir la empresa en materiales, dando, una alerta a los departamentos de contabilidad y compras para estar pendientes del presupuesto necesario durante los periodos de estudio.

El presente proyecto de investigación se basa principalmente en analizar el producto con mayor demanda, para a partir de allí, conocer su proceso productivo, necesidades brutas de materiales, y así, aplicar un modelo de programación lineal que se ajuste a las necesidades de la empresa, para tener como resultado costos de producción, costo de mano de obra, costo de materiales y demás costos importantes dentro de una organización.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. TEMA

Modelo de programación lineal para un sistema de planeación de requerimientos de materiales (MRP) en la empresa de calzado de seguridad industrial MARCIA.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Fruto del constante cambio dentro de la industria global en la década de los 90 las grandes empresas manufactureras comenzaron a requerir de sistemas que apoyarán la gestión empresarial y que permitan evaluar, implementar, automatizar, integrar y gestionar de forma eficiente las diferentes operaciones que se presentan en éstas [1].

En la actualidad existe un mercado con un alto nivel de competitividad a nivel mundial, los empresarios tratan de producir a su máxima capacidad con los menores costos posibles y obtener mayores márgenes de ganancia que les permita mantener la operatividad en sus empresas, además tienen establecido como principal objetivo ofrecer al mercado productos de calidad, logrando confianza entre sus clientes [2].

En empresas manufactureras el requerimiento de materiales, inventario, productos en proceso y productos terminados absorben la holgura cuando fluctúan las ventas o los volúmenes de producción. Por lo que el inadecuado manejo de los materiales puede ser el motivo por el cual fracasa la pequeña y mediana industria debido a que el exceso

o la escasez de un producto reflejan gastos innecesarios que perturba el balance económico de la organización [3].

En Ecuador la industria del calzado es uno de los sectores productivos que demuestra un importante crecimiento en los últimos años, según la presidenta de la Cámara del Calzado de Tungurahua Lilia Villavicencio a pesar del alza sostenida en las importaciones de calzado, existe un desarrollo de la industria nacional en niveles cercanos al 60% [4]; esto demuestra que la industria de calzado se desenvuelve en un medio de alta competitividad, el cual sugiere un mayor enfoque hacia una vigilancia permanente del stock de sus productos y materias primas.

La mala planeación de los recursos en la pequeña y mediana industria genera un descontrol en las áreas administrativas y de producción de las empresas, la insuficiencia de productos, materiales e insumos, o a su vez, el sobreabastecimiento de los mismos, provocan un desbalance financiero en las empresas. Por tal razón es que las empresas manufactureras deben tomar las mayores provisiones posibles a fin de lograr mantener un nivel óptimo de inventario en materiales y evitar un posible cese en la producción [3].

La Industria de Calzado Marcia “Buffalo Industrial”, es una empresa dedicada a la producción de calzado de seguridad industrial “BÚFFALO” que, al no poseer un sistema de requerimiento de materiales adecuado, la organización tiene grandes dificultades por el desconocimiento del monto a invertir en un determinado período de tiempo y cuánto material requiere para la producción de los principales modelos de calzado. El inconveniente medular radica en que, si se mantiene en bodega un determinado número de materiales necesarios para la producción del calzado, esto representa costos de inventario, es decir capital inmovilizado durante un tiempo incierto.

Además, para la empresa, el tener grandes cantidades de materiales para la producción genera problemas de espacio físico, control interno, mayor cantidad de personal, equipos y herramientas de almacenaje. Por lo tanto es difícil encontrar un equilibrio

entre el riesgo de poseer un determinado nivel de productos necesarios en bodega y el costo de sostenimiento del mismo [2].

1.3.DELIMITACIÓN

Campo: Ingeniería industrial en procesos de automatización.

Área académica: Industrial y manufactura

Línea de investigación: Industrial

Sublínea de investigación: Gestión de sistemas de planeación y control de la producción de bienes industriales.

Delimitación Espacial: El presente proyecto investigativo se desarrollará en la Empresa de Calzado Seguridad Industrial Marcia “Buffalo Industrial”, ubicada en las calles Imbabura y Gertrudis Esparza.

Delimitación Temporal: El presente proyecto de titulación será desarrollado en el ciclo académico Oct/2016 - Marzo/2017 luego de la aprobación del H. Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial.

1.4. JUSTIFICACIÓN

Una apropiada planificación de la producción y control de suministros juega un papel fundamental en la correcta gestión de una empresa, debido a que se ve directamente relacionada con los demás procesos de la organización (procesos de compra, venta, mercado, calidad, etc). Llevar un plan de producción permite organizar la utilización de los recursos (talento humano, maquinaria, dinero, insumos, etc) dentro de la empresa. Por tal razón, se considera un área que debe ser abordada primordialmente desde la ingeniería industrial, y encontrar la forma más acertada de asignar los recursos económicos para reducir los costos del plan de producción, tomando en cuenta el control de todos los suministros e insumos necesarios, mismos que, deben

estar en el tiempo adecuado y lugar indicado para poder activar el plan de producción en un período establecido sin que este genere mayores inconvenientes dentro de la organización.

La ciudad de Ambato actualmente alberga una gran cantidad de organizaciones dedicadas a la manufactura de calzado, siendo este un mercado competitivo y exigente en cuanto a mayor calidad y menor precio de este producto, denotando la importancia de contar con un control de insumos y suministros dentro de las empresas, lo que puede permitir a las organizaciones tener un flujo continuo de producción y evitar caer en contratiempos y desbalances económicos, siendo una de las alternativas de solución más acertada el desarrollar un modelo matemático para un plan de requerimiento de materiales mismo que permite a la empresa obtener no solo un simple plan de producción factible sino también económicamente atractivo.

En el presente proyecto de investigación se buscará principalmente abordar el desarrollo y aplicación de un modelo matemático para un sistema de requerimiento de materiales enfocado al producto con mayor demanda en la empresa de calzado de seguridad industrial Marcia “Buffalo Industrial”, siendo este un beneficio potencial para la empresa, ya que se podría mejorar el manejo de los recursos dentro de la producción, permitiendo controlar de forma eficiente la cantidad de suministros e insumos necesarios en un lapso de tiempo establecido, dándole a la organización un flujo de producción continuo en el cual los paros innecesarios sean eliminados casi en su totalidad y así la empresa no tenga ninguna clase de contratiempo al momento de entregar pedidos en un período determinado, reforzando la satisfacción y fidelidad del cliente.

La factibilidad radica en que el tema del proyecto de investigación escogido engloba toda la concepción que debe tener un Ingeniero Industrial en el desarrollo y control de un plan de requerimiento de materiales aplicado a la industria, por otro lado, la empresa pretende ofrecer colaboración en la recolección de información y en sí de todo lo que se necesite para desarrollar el presente proyecto.

1.5.OBJETIVOS

Objetivo General

Aplicar un modelo de programación lineal para planeación de requerimientos de materiales (MRP) en la empresa de calzado de seguridad industrial MARCIA “Buffalo Industrial”.

Objetivos Específicos

- Pronosticar la demanda en un horizonte de planeación.
- Desarrollar la planeación agregada de producción.
- Realizar el programa maestro de producción (MPS).
- Establecer una planificación de requerimientos de materiales.
- Integrar los resultados obtenidos en un modelo de programación lineal.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

En los últimos tiempos los investigadores de logística han enfocado sus esfuerzos en entender y controlar el comportamiento de la cadena de suministros modernas tomando en cuenta que el desperdicio generado impacta de manera negativa la productividad de la empresa y la reducción de cualquier tipo de desperdicio de materia prima contribuye a la rentabilidad e incluso reduce el costo unitario de la producción [3],[5].

El control de la cadena de suministros es un tema en donde deben actuar cada una de los miembros de la empresa mediante la comunicación de todas las partes, lo cual, permitirá tener el conocimiento del flujo del material dentro del proceso productivo y darle una idea a los encargados de logística del panorama de las necesidades que tiene la industria en manejar un eficiente control de insumos y suministros, tomando en cuenta siempre la satisfacción de los clientes en parámetros de calidad, precio y puntualidad al momento de la entrega [6],[7].

El abastecimiento de la materia prima es un factor importante en el proceso de producción, pero la mayoría de empresas no lleva ninguna política de inventario para abastecerse de la materia prima necesaria para la elaboración de calzado. Esto presenta un problema de altos niveles de inventario o la inexistencia de los mismos.

Además de costos elevados de producción o el incumplimiento de la entrega del producto a los clientes. La manera en la que se realizan las órdenes de compra no es eficiente, lo que genera retrasos en la llegada de materiales para iniciar con la producción del día, ocasionando pérdidas económicas a la empresa [8],[5],[2].

El plan de requerimientos de material integra las actividades de producción y compras, programa las adquisiciones a proveedores en función del plan de producción. Además de ser un sistema de planificación de la producción es una gestión de inventarios que responde a las necesidades de qué es lo que se debe fabricar y/o aprovisionar. En definitiva el objetivo del MRP es brindar un enfoque más efectivo, sensible y disciplinado para determinar los requerimientos de materiales de la empresa [8],[9].

La toma de decisiones es posiblemente uno de los aspectos más importantes de aplicación de la matemática en diversas esferas de la actividad humana; esto si consideramos que el primer paso para intentar resolver un problema de toma de decisiones consiste en formular un modelo matemático de un sistema o una situación a analizar [7].

Existen muchos trabajos que han abordado aplicación de modelos matemáticos a sistemas de manufactura en los que el MRP es una herramienta de planeación usual de producción. Algunos autores han utilizado un modelo matemático fuzzy para la Planificación de la Producción bajo condiciones de incertidumbre en la definición de los costes de la función objetivo, tratado de incorporar la percepción difusa de los costes usando un enfoque de modelado multi-objetivo, otros proponen un enfoque de programación lineal paramétrica para su aplicación a un problema MRP con restricciones de capacidad de modo que no se obtengan simplemente planes de producción factibles sino también económicamente atractivos [10].

En la última década los investigadores han enfocado sus esfuerzos en verificar la factibilidad de integración entre las teorías de inventarios y de sistemas expertos a través del diseño de un sistema informático basado en el conocimiento para apoyar el

proceso de toma de decisiones en el área de logística y abastecimiento de una empresa [11].

Lo interesante de este problema es que ocurre prácticamente en cualquier empresa del sector industrial, comercial o de servicios, que manejan, de alguna u otra forma, materias primas, componentes, repuestos, insumos y/o productos terminados, que mantienen en inventario en mayor o menor medida. Sin embargo, la administración de inventarios puede llegar a ser una actividad muy compleja por la incertidumbre que la rodea y la naturaleza misma de los productos que se gestionan. Esa complejidad puede manejarse por medio de los modelos de inventarios integrados en sistemas de información transaccionales, llamados “sistemas de soporte para la toma de decisiones” (SSD) [12].

2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.2.1 Inventario

Inventario son las existencias de una pieza o recurso utilizado en una organización que sirve para satisfacer cualquier necesidad actual o futura y se presenta cuando el volumen de materiales, partes o bienes terminados que se reciben es mayor que el volumen de los mismos que se distribuyen [3],[5].

Un *sistema de inventario* es el conjunto de políticas y controles con los cuales se vigilan los niveles del inventario y determinan los que se van a mantener, el momento en que es necesario reabastecerlo y las dimensiones de los pedidos [5],[13].

Un *inventario de manufactura* se refiere a las piezas que contribuyen o se vuelven parte de la producción de una empresa. El inventario de manufactura casi siempre se clasifica como *materias primas, productos terminados, partes componentes, suministros y trabajo en proceso*. En los servicios, el término *inventario* por lo regular se refiere a los bienes tangibles por vender y los suministros necesarios para administrar el servicio [5].

2.2.2 Propósito del Inventario

Todas las empresas mantienen un suministro de inventario por las siguientes razones:

a) *Para mantener la independencia entre las operaciones:*

El suministro de materiales necesarios para la fabricación en el centro de trabajo permite flexibilidad en las operaciones. Por ejemplo, debido a que hay costos por crear una nueva configuración para la producción, este inventario permite a la gerencia reducir el número de configuraciones.

b) *Para cubrir la variación en la demanda:*

Si la demanda del producto se conoce con precisión, quizá sea producirlo en la cantidad exacta para cubrir la demanda. Sin embargo, por lo regular, la demanda es desconocida parcialmente, y es preciso tener inventarios de seguridad o de amortización para absorber la variación.

c) *Para permitir flexibilidad en la programación de la producción:*

La existencia de un inventario disminuye la presión sobre el sistema de producción para tener listos los productos terminados. Esto ocasiona tiempos de entrega más alejados, lo que permite una planeación de la producción para tener un flujo más tranquilo y una operación a más bajo costo a través de una producción de lotes más grandes.

d) *Protegerse contra la variación en el tiempo de entrega de la materia prima:*

Al pedir material a un proveedor, pueden ocurrir atrasos por distintas razones: una variación normal en el tiempo de envío, un faltante del material en la planta del proveedor que da lugar a pedidos acumulados, una huelga inesperada en la planta del proveedor o en una de las compañías que realizan el envío, un pedido perdido o un embarque de material incorrecto o defectuoso.

e) *Aprovechar los descuentos basados en el tamaño del pedido:*

Hay costos relacionados con los pedidos: mano de obra, llamadas telefónicas, captura, envío postal, etc. Por lo tanto, mientras más grande sea el pedido, la necesidad de otros pedidos se reduce. Asimismo, los

costos de envío favorecen los pedidos más grandes; mientras más grande sea el envío, menor será el costo unitario.

Por las razones anteriores, es necesario tener presente que un inventario es costoso y que, por lo regular, las grandes cantidades no son recomendables. Los tiempos de pedido prolongados se deben a las grandes cantidades de inventario y tampoco son adecuados [5].

2.2.3 Costos asociados al Inventario

A menudo las políticas óptimas de inventarios son aquellas que manejan solamente productos bajo revisiones periódicas. Su costo de ordenamiento está en función lineal de la cantidad, mientras que el costo de transporte es una cifra constante, siempre que el tamaño de la orden de pedido sea menor que una cantidad determinada. No obstante, en muchas industrias se ofrece el transporte libre de costos siempre que una orden de pedido exceda una cantidad mínima especificada por el proveedor, lo cual permite a este alcanzar economías de escala en términos de producción y distribución, y, por ende, incentivar a sus clientes para que soliciten órdenes de pedidos significativos. A continuación, se presentan los costos que se consideran relevantes en el manejo de inventarios y que, a la hora de tomar una decisión respecto a la cantidad a ordenar de un determinado material, pueden entrar en conflicto:

a) Costos de Consecución:

Se asocia con la adquisición del bien que hace parte del inventario y es una fuerza económica significativa que determina las cantidades a ordenar. Cuando se coloca o recompra al proveedor, se incurre en una serie de costos asociados a dicha orden. Este costo incluye el precio o costo de manufactura, el costo de alistamiento del proceso de producción de dicho material, el de transmitir la orden, el de transporte en caso de no estar incluido en el precio de venta y el costo de recepción y almacenamiento del material una vez recibido.

b) Costos de Almacenamiento

Aquel que corresponde al resultado del almacenamiento de los materiales por un período de tiempo determinado y guarda cierta proporción con la

cantidad promedio de bienes. En esta categoría se encuentran los costos que se pagan por el espacio que ocupa el inventario almacenado; el costo de capital, es decir, el asociado al dinero invertido en el inventario; los costos de servicios, ligados a los impuestos y seguros que deben pagarse por mantener una cierta cantidad de mercancía en inventario; por último, los costos de riesgo por deterioro, robo, daño u obsolescencia.

c) *Costos por faltantes o agotamiento:*

Estos se presentan cuando se coloca una orden que no puede ser satisfecha debido a una carencia en el inventario. Existen dos clases de costos por faltantes: costo de ventas perdidas y costo de orden retrasada.

d) *Costo total de Inventario:*

Representa la suma de los tres costos antes mencionados con la adición del costo de capital. Este corresponde a la parte variable del costo de aprovisionamiento y resulta de multiplicar el valor unitario de cada artículo comprado por el número de artículos solicitados en el pedido [14].

Así, el costo total se expresa como:

$$\text{COSTO TOTAL} = \text{COSTO DE ALMACENAMIENTO} + \text{COSTO DE AGOTAMIENTO} + \text{COSTO DE REPOSICIÓN} + \text{COSTO DE CAPITAL} \quad (1)$$

2.2.4 Análisis de Procesos

Es esencial comprender cómo funcionan los procesos para garantizar la competitividad de una empresa. Un proceso que no embone con las necesidades de la empresa la perjudicará cada minuto que opere. ¿Qué es un proceso? Un proceso se refiere a la parte de una empresa que toma insumos y los transforma en productos que, según espera, tendrán un valor más alto para ella que los insumos originales. Piense en algunos ejemplos de procesos. Honda Motors produce el Accord en una planta armadora en Marysville, Ohio. La armadora toma partes y componentes que se fabricaron en otro lugar para ella. Con mano de obra, equipo de línea de montaje y energía transforma estas partes y componentes en automóviles. Sin duda, es fundamental comprender con claridad el propósito del

análisis para definir el grado de detalle del modelo del proceso durante su preparación. El análisis debe ser tan sencillo como sea posible.

Diagramas de flujo de procesos

Las actividades asociadas a un proceso con frecuencia se afectan entre sí, por lo cual es importante considerar el desempeño simultáneo de una serie de actividades que operen al mismo tiempo. Al analizar un proceso, es recomendable empezar con un diagrama que muestre sus elementos básicos, por lo general, actividades, flujos y zonas de almacenamiento. Las actividades se presentan en forma de rectángulos, los flujos como flechas y el almacenamiento de bienes o de otros artículos como triángulos invertidos. A veces, los flujos que pasan por un proceso se dirigen en distintos sentidos, según las condiciones. Los puntos de decisión se representan con un diamante, de cuyas puntas salen diferentes flujos. En ocasiones resulta muy útil dividir un diagrama en varias bandas horizontales o verticales. Esto permite separar las actividades que forman parte del proceso [5].

2.2.5 Análisis ABC

Si el uso anual de los productos de un inventario se presenta según el volumen de dólares, por lo regular la lista muestra que un número reducido de productos representa un volumen de dólares alto y que muchos productos conforman un volumen de dólares bajo. La estrategia ABC divide esta lista en tres grupos según el valor: los productos A constituyen casi el 15% más alto de los productos, los productos B el 35% siguiente y los productos C el último 50%. A partir de la observación, se puede agrupar con A que representa 20%; B, 30%, y C, 50%. Estos puntos muestran límites muy claros entre las secciones. Es probable que la segmentación no siempre ocurra con tanta claridad. Sin embargo, el objetivo es separar lo importante de lo que no lo es. El punto en el que las líneas se dividen realmente depende del estudio en cuestión y de la cantidad de tiempo del personal disponible. El propósito de clasificar los productos en grupos es establecer el grado de control apropiado sobre cada uno. En forma periódica, por ejemplo, los productos de la clase A quizás estén más controladas con pedidos semanales, los productos B se podrían pedir cada dos semanas y los productos C cada uno o dos

meses. Cabe hacer mención que el costo unitario de los productos no tiene relación alguna con su clasificación. Un producto A puede tener un volumen de dinero alto mediante una combinación de bajo costo y alto uso o de costo alto y uso bajo. De igual manera, los productos C pueden tener un volumen de dinero bajo porque tienen una demanda o un costo bajos. Para determinar esta clasificación de productos se debe tomar en cuenta algunos indicadores, como el porcentaje de participación que es la posibilidad de que un producto sea elegido por el consumidor, valorización que es la multiplicación entre el costo unitario y el consumo anual, porcentaje de consumo que es la razón entre valorización y la sumatoria de todas las valorizaciones, y por último tenemos el porcentaje de participación y de consumo acumulado [5],[15].

2.2.6 Estudio de Tiempos

El estudio clásico con cronómetro, o estudio de tiempos, originalmente propuesto por Frederick W. Taylor en 1881, sigue siendo el método de estudio de tiempos más ampliamente usado. El procedimiento de un estudio de tiempo implica medir el tiempo de una muestra del desempeño de un trabajador y usarlo para establecer un estándar. Una persona capacitada y experimentada puede establecer un estándar siguiendo estos ocho pasos:

1. Definir la tarea a estudiar (después de realizar un análisis de métodos).
2. Dividir la tarea en elementos precisos (partes de una tarea que con frecuencia no necesitan más de unos cuantos segundos).
3. Decidir cuántas veces se medirá la tarea (el número de ciclos de trabajo o muestras necesarias).
4. Medir el tiempo y registrar los tiempos elementales y las calificaciones del desempeño.
5. Calcular el tiempo observado (real) promedio. El tiempo observado promedio es la media aritmética de los tiempos para cada elemento medido, ajustada para la influencia inusual en cada elemento.

6. Determinar la calificación del desempeño (paso del trabajo) y después calcular el tiempo normal para cada elemento.

7. Sumar los tiempos normales para cada elemento a fin de determinar el tiempo normal de una tarea.

8. Calcular el tiempo estándar. Este ajuste al tiempo normal total proporciona las holguras por necesidades personales, demoras inevitables del trabajo, y fatiga del trabajador:

Ciclos de Estudio

Para determinar el número de observaciones que deben efectuarse, se ha considerado utilizar los valores establecidos en el Time Study Manual de los Eric Works de General Electric Company, misma que, se basa en el tiempo total de ciclo para definir el número de observaciones.

Valoración del Ritmo de Trabajo

La valoración del ritmo de trabajo se utiliza para poder ajustar los tiempos observados a los esperados por el desempeño normal. Para evaluar el desempeño de los trabajadores se toma el método de nivelación, mismo que tiene cuatro factores: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia.

Tiempo Normal o Básico

El tiempo normal básico es el resultado de la multiplicación entre el promedio de los ciclos de observación y el índice de desempeño tal como se muestra en la ecuación 2:

$$TN = TOP * ID \quad (2)$$

DONDE:

TN = Tiempo Normal

TOP = Tiempo observado promedio

ID = Índice de desempeño

Suplemento por descanso

Determinado el tiempo normal o básico se debe agregar suplementos para compensar la fatiga y demoras en el trabajo, y así, definir un estándar justo en la que un trabajador pueda cumplir su labor a un paso normal y constante.

Tiempo Estándar

El tiempo estándar es aquel tiempo en el cual un trabajador cumple con sus actividades de forma holgada y tomando en cuenta todas las adversidades que se le puedan presentar y se calcula mediante la fórmula matemática presentada en la ecuación 3 [16],[5].

$$TS = \frac{TN}{\left(1 - \frac{\sum \text{Suplementos}}{100}\right)} \quad (3)$$

DONDE:

TS = Tiempo Estándar

TN = Tiempo Normal

2.2.7 Pronóstico de la demanda

Los buenos pronósticos son de importancia crucial para todos los aspectos del negocio: el pronóstico es la única estimación de la demanda hasta que se conoce la demanda real.

Es necesario pronosticar ya que todas las organizaciones operan en una atmósfera de incertidumbre y que, a pesar de este hecho, se deben tomar decisiones que afectan el futuro de la organización. Y se considera que para efectuar un buen pronóstico como primer paso se debe recopilar los datos necesarios, posteriormente se considera la reducción o condensación de datos para luego construir el modelo y finalmente, realiza la extrapolación del modelo (el pronóstico en sí) [3].

Los pronósticos se clasifican en cuatro tipos básicos: cualitativo, análisis de series de tiempo, relaciones causales y simulación.

Las técnicas cualitativas son subjetivas y se basan en estimados y opiniones. El *análisis de series de tiempo*, se basa en la idea de que es posible utilizar información relacionada con la demanda pasada para predecir la demanda futura. La información anterior puede incluir varios componentes, como influencias de tendencias, estacionales o cíclicas, y se describe en la sección siguiente. El pronóstico causal, que se analiza mediante la técnica de la regresión lineal, supone que la demanda se relaciona con algún factor subyacente en el ambiente. Los modelos de simulación permiten al encargado del pronóstico manejar varias suposiciones acerca de la condición del pronóstico.

Los modelos de series de tiempo son los más utilizados por los paquetes de pronóstico vinculados con la proyección de demanda de productos, de los cuales aquellos modelos más usuales son los de nivel constante, los estacionales y los de tendencia [5].

Modelos estacionales

Una serie estacional se define como una serie de tiempo con un patrón de cambio que se repite a sí mismo año tras año. Por lo regular, el desarrollo de una técnica de pronóstico estacional comprende la selección de un método multiplicativo o uno de adición y estimar después índices estacionales a partir de la historia de la serie. Estos índices se usan posteriormente para incorporar la estacionalidad al pronóstico o para eliminar tales efectos de los valores observados.

Para el desarrollo del modelo se utiliza la regresión, conocida en ocasiones como “línea de mejor ajuste”, es una técnica estadística para intentar ajustar una línea a partir de un conjunto de puntos mediante el uso del mínimo error cuadrado total entre los puntos reales y los puntos sobre la línea. Una de las bondades de la regresión es que permite determinar ecuaciones de líneas de tendencia.

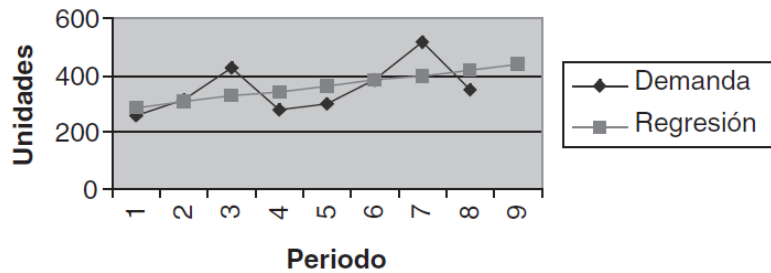


Figura 1 Restricción Lineal Básica [5]
 Fuente: Administración de Operaciones de Richard Chase

Por lo general, la regresión lineal se utiliza en el pronóstico a largo plazo, pero si se tiene cuidado al seleccionar la cantidad de periodos incluidos en los datos históricos, y este conjunto de datos se proyecta sólo unos cuantos periodos en el futuro, la regresión lineal puede utilizarse apropiadamente en pronósticos a corto plazo. Un pronóstico de demanda mediante regresión lineal, se utiliza para la planeación de suministros de los materiales, con lo que, conociendo la demanda pronosticada y los suministros necesarios, existe la posibilidad de comprometer a los proveedores en un contrato de suministro de materiales.

El método de regresión lineal, así como muchas otras técnicas, emplean fórmulas básicas y esenciales para el cálculo de los pronósticos, mostrando también la tendencia que tienen los valores a calcular y que se muestran a continuación.

$$a = \frac{\sum x^2 \sum y - \sum x \sum xy}{m \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (4)$$

$$b = \frac{m \sum xy - \sum x \sum y}{m \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (5)$$

$$y = a + bx \quad (6)$$

Dónde:

X: son los valores que representan a los meses de cada año (variable independiente)

Y: Son los valores de producción en cada uno de los meses de cada año (variable dependiente)

a: Intersección con la horizontal

b: Pendiente

m: Número de observaciones.

La última fórmula que se presenta en consideración para el método de regresión lineal, es la que calcula los valores del pronóstico, la cual se arma con los datos encontrados en las ecuaciones anteriormente mostradas [5].

2.2.8 Medición del error del pronóstico

La exactitud de cualquier modelo de pronóstico puede determinarse al comparar los valores pronosticados con los valores reales u observados. En la práctica se usan varias medidas para calcular el error global del pronóstico y estas medidas pueden utilizarse para comparar distintos modelos de pronósticos, así como para vigilar los pronósticos y asegurar su buen desempeño. Entre las más útiles se incluyen:

1. **Error promedio de pronóstico (MFE, Mean Forecast Error):** implica sumar todos los errores de pronóstico individuales, y dividirlos entre el número total de errores. La importancia de este número radica en su signo: si es positivo, indica que la demanda real fue mayor al pronóstico, si su signo es negativo, naturalmente, significa que los pronósticos fueron mayores que la demanda en promedio.
2. **Desviación media absoluta (MAD, Mean Absolute Deviation):** su valor se calcula sumando los valores absolutos de los errores individuales del pronóstico y dividiendo el resultado entre el número de periodos con datos (n). Su valor indica el error de pronóstico promedio (siempre positivo) sobre el periodo en cuestión [17].
3. **Error cuadrático medio (MSE, Mean Squared Error):** es el promedio de los cuadrados de las diferencias encontradas entre los valores pronosticados y los observados.
4. **Desviación estándar (σ):** es la medida de dispersión de los errores del pronóstico.
5. **Error porcentual medio absoluto (MAPE, Mean Absolute Percent Error):** relaciona el error del pronóstico con el nivel de la demanda, y es útil para colocar el desempeño del pronóstico en su perspectiva

correcta. Éste se calcula como el promedio de las diferencias absolutas encontradas entre los valores pronosticados y los reales, y se expresa como un porcentaje de los valores reales.

6. **Porcentaje medio del error (PME, Percent Mean Error):** determina si un método de pronóstico está sesgado (pronóstico considerablemente alto o bajo). Si un enfoque de pronóstico no está sesgado producirá un porcentaje cercano a cero. Si el resultado es un porcentaje negativo grande, el método de pronóstico está sobrestimado de manera consistente. Si el resultado es un porcentaje positivo grande, el método de pronóstico está subestimado de manera consistente [17].

2.2.9 Planeación agregada de la producción

La planeación agregada busca determinar la cantidad y los tipos de producción necesarios para el futuro inmediato, a menudo con un adelanto de 3 a 18 meses, ajustando los índices de producción, los niveles de mano de obra, los niveles de inventario, el trabajo en tiempo extra, las tasas de subcontratación y otras variables controlables. La planeación agregada para el periodo de planificación tiene como: minimizar los costos y maximizar las utilidades, maximizar el servicio al cliente, minimizar las inversiones en inventario, minimizar los cambios en las tasas de producción, minimizar los cambios en los niveles de las fuerzas de trabajo y maximizar la utilización de la planta.

Estrategias de la planeación de la producción

Hay tres estrategias de planeación de la producción, que comprenden cambios en el tamaño de la fuerza de trabajo, las horas extras, el inventario y la acumulación de pedidos.

1. **Estrategia de ajuste:** con esta estrategia se busca igualar el índice de producción con el índice de pedidos contratando y despidiendo empleados conforme varíe del índice de pedidos. El éxito de esta estrategia depende de tener un grupo de candidatos a los que se les pueda capacitar con rapidez y de donde tomar empleados cuando el

volumen de pedidos aumente. Como es obvio, existen algunos impactos emocionales. Cuando la acumulación de pedidos es baja, es probable que los empleados quieran reducir el ritmo de trabajo por el temor a ser despedidos tan pronto como se cubran los pedidos existentes.

2. **Fuerza de trabajo estable, horas de trabajo variables:** esta estrategia permite variar la producción ajustando el número de horas trabajadas por medio de horarios de trabajo flexibles u horas extra. Al variar el número de horas, es posible igualar las cantidades de la producción con los pedidos. Esta estrategia ofrece continuidad a la fuerza de trabajo y evita muchos de los costos emocionales y tangibles de la contratación y los despidos relacionados con la estrategia de ajuste.
3. **Estrategia de nivel:** su lógica es mantener una fuerza de trabajo estable con un índice de producción constante. La escasez y el superávit se absorben mediante la fluctuación de los niveles de inventario, los pedidos acumulados y las ventas perdidas. Los empleados se benefician con un horario de trabajo estable a expensas de niveles de servicio a clientes potencialmente más bajos y un aumento en el costo del inventario [15].

2.2.10 Programa maestro de producción (MPS)

El MPS es un plan de producción futura de los artículos finales durante un horizonte de planeación a corto plazo que, por lo general, abarca de unas cuantas semanas hasta varios meses, y es un insumo importante del proceso MRP.

La figura 2 muestra un ejemplo de un programa maestro de producción de modelos de colchones en el que se especifica el tipo exacto de colchón y la cantidad planeada de producción para las siguientes ocho semanas. En la parte superior se muestra un plan conjunto del número total de colchones planeados para el mes, sin considerar el tipo de colchón.

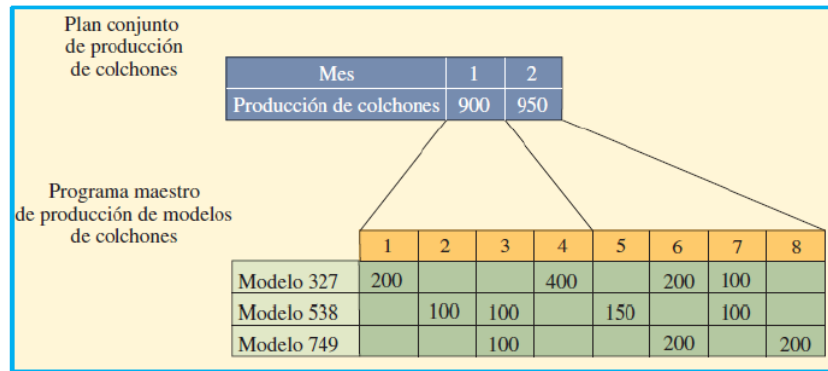


Figura 2 Plan conjunto y plan maestro de producción de colchones [5]
Fuente: Administración de Operaciones de Richard Chase

El MPS toma el plan de capacidad agregada y lo asigna a pedidos de productos finales, los objetivos son:

- Programar los productos finales para que se termine con rapidez y conforme los compromisos de los clientes.
- Evitar sobrecargas o subcargas de las instalaciones de producción, de manera que la capacidad de producción se utilice con eficiencia y resulte bajo el costo de producción [18].

2.2.11 Planeación de requerimientos de materiales (MRP o MRP I)

Es el sistema de planificación de materiales y gestión de stock que responde a las preguntas cuánto y cuándo aprovisionarse de materiales. Este sistema da por órdenes las compras dentro de la empresa, resultantes del proceso de planificaciones de necesidades de materiales. La planificación de requerimiento de materiales se basa en dos ideas esenciales:

- La demanda de la mayoría de artículos no es independiente; únicamente es la de los productos terminados, normalmente los que se venden al exterior; la demanda de los demás depende de la de estos.
- Las necesidades de cada artículo y el momento en que deben ser satisfechas estas necesidades, se puede calcular a partir de datos sencillos: las demandas independientes y la estructura del producto

(enriquecido con los plazos de elaboración y de aprovisionamiento) [18].

Estructura del sistema de planeación de requerimiento de materiales

La planificación de requerimientos de materiales de las actividades de manufactura guarda una relación estrecha con el programa maestro, el archivo con la lista de los materiales y los informes de producción. La figura 3 presenta de manera general los elementos que componen un programa general de planeación de necesidades y los informes que generan.

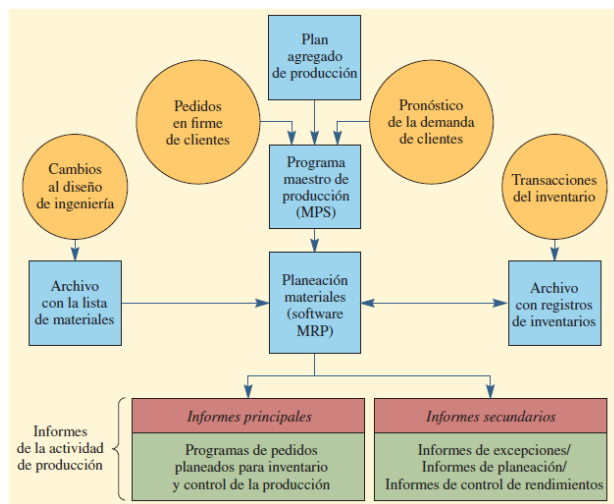


Figura 3 Elementos que componen un programa general de planeación de necesidades y los informes que se genera

Fuente: Administración de Operaciones de Richard Chase

El MRP funciona como sigue: el programa maestro de producción (MPS) señala el número de piezas que se van a producir en tiempos específicos. En un archivo con la lista de materiales (BOM) se especifican los materiales que se usan para hacer cada pieza y las cantidades correctas de cada uno. El archivo con el registro de inventarios contiene datos como el número de unidades disponibles y pedidas [5].

2.2.12 Modelo de Programación Lineal

El estudio del sistema MRP, ha recibido mucha atención y extensa literatura existe al respecto. Sin embargo, los procedimientos clásicos de la resolución aplicada en ambientes MRP no optimizan las decisiones de producción. Con el objetivo de obtener soluciones óptimas relacionadas con la minimización de los costos, varios autores han estudiado el modelado de los procesos de planificación de necesidades a través de la programación matemática de modelos [19].

Salida Básicas del Modelo

- El Programa Maestro de Producción (MPS) que especifica la cantidad a producir de cada producto final en cada período del horizonte de planificación y el ordenamiento planificado de materias primas y componentes. Aunque el MPS es una de las principales entradas de un sistema MRP, el modelo propuesto resuelve el MPS y MRP de forma conjunta.
- Las necesidades netas de materias primas y componentes para cada período de planificación.
- El inventario de cada producto (producto final, materias primas y componentes) al final de cada periodo planificado.
- La cartera de la demanda de cada producto al final del período de planificación.
- El nivel de uso de la capacidad de los recursos (horas extraordinarias y horas ordinarias).

Objetivos y limitaciones del modelo

Las restricciones del modelo son las siguientes:

- Las ecuaciones de balance para el inventario
- La capacidad necesaria de cada instalación no puede exceder la capacidad máxima disponible para la planificación período.
- La demanda en el último período del horizonte de planificación debe ser satisfecha.

- La restricción de no negatividad de las variables de decisión

Este modelo está pensado para horizontes de planificación a medio plazo y debido a su nivel agregado no requiere el tamaño del lote y las consideraciones de puesta en marcha.

El Modelo MRPDet incluye un pequeño número de restricciones con el objetivo de proporcionar un modelo de lo más genérico posible. Otros tipos de limitaciones más específicas del entorno de fabricación en el que el modelo se aplica pueden ser fácilmente añadidos, tales como, los procesos de producción alternativos para algunos productos, las variables de la contratación de mano de obra y las descargas para la planificación de recursos y la producción, horas extras o acciones niveles, etc.

Sujeto a las limitaciones indicadas anteriormente, el modelo trata de alcanzar los siguientes objetivos:

- Satisfacer la demanda del mercado con el menor retraso posible.
- Reducir al mínimo el nivel de existencias de productos, componentes, materiales o subconjuntos primas finales.
- Optimizar el uso de la capacidad de los recursos disponibles.

Formulación del Modelo

Se ha tomado como base el modelo de programación lineal MRPDet, originalmente propuesto en, MRPDet es un modelo para la optimización del problema de planificación a medio plazo en un entorno de fabricación MRP con restricciones de capacidad, multi-producto, multi-nivel y multi-período. [19].

$$z = \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T (cp_i P_{it} + ci_i INVT_{it} + crd_i Rd_{it}) + \sum_{r=1}^R \sum_{t=1}^T (ctoc_{rt} Toc_{rt} + ctex_{rt} Tex_{rt}) \quad (7)$$

$$INVT_{i,t-1} + P_{i,t-TS_i} + RP_{it} - INVT_{it} - RD_{i,t-1} - \sum_{j=1}^I \alpha_{ij} (P_{jt} + RP_{jt}) + Rd_{it} = d_{it} \\ \forall i = 1 \dots I, t = 1 \dots T \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^I AR_{ir} P_{it} + Toc_{rt} - Tex_{rt} = CAP_{rt} \\ \forall r = 1 \dots R, t = 1 \dots T \quad (9)$$

$$Rd_{it} = 0 \\ \forall i = 1 \dots I \quad (10)$$

$$P_{it}, INVT_{it}, Rd_{it}, Toc_{rt}, Tex_{rt} \geq 0 \\ \forall i = 1 \dots I, r = 1 \dots R, t = 1 \dots T \quad (11)$$

Las variables de decisión y parámetros para el modelo se definen en la Tabla 1.

Tabla 1 Variables de decisión y parámetros para el modelo [19]

Índices	
T Conjunto de períodos durante el horizonte de planificación ($t = 1 \dots T$)	
I Conjunto de productos ($i = 1 \dots I$)	
J Conjunto de productos padre en la lista de materiales ($j = 1 \dots J$)	
R Conjunto de recursos ($r = 1 \dots R$)	
Variables de Decisión	Datos
P_{it} Cantidad a producir del producto i en el período t	d_{it} Demanda del producto i en el período t
$INVT_{it}$ Inventario del producto i al final del período t	α_{ij} Cantidad requerida de i para producir una unidad del producto j
Rd_{it} Demanda retrasada del producto i al final del período t	TS_i Tiempo de suministro del producto i
Toc_{rt} Tiempo ocioso del recurso r en el período t	$INVT_{i0}$ Inventario del producto i en el período 0
Tex_{rt} Tiempo extra del recurso r en el período t	Rd_{i0} Demanda retrasada del producto i en el período 0
Coeficientes de costo en la función objetivo	
cp_i Costo variable de producción de una unidad del producto i	RP_{it} Recepciones programadas del producto i en el período t
ci_i Coste de inventario de una unidad del producto i	Coeficientes tecnológicos
crd_i Costo de una unidad de demanda retrasada del producto i	AR_{ir} Tiempo requerido del recurso r por unidad de producción del producto i
$ctoc_{rt}$ Costo de una hora ociosa del recurso r en el período t	CAP_{rt} Capacidad disponible del recurso r en el período t
$ctex_{rt}$ Costo de una hora extra del recurso r en el período t	

Este modelo ha sido tomado como base para la solución de diferentes programas de MRP, en los que se busca la reducción de costos de producción, pero estos modelos no toman en cuenta en su función objetivo el número de materiales a pedir en cada período [19].

2.3. PROPUESTA DE SOLUCIÓN:

La aplicación de un modelo de programación lineal para un plan de requerimiento de materiales permitirá llevar un adecuado control y coordinación de los materiales, además, ayudará a solucionar los problemas de abastecimiento de materia prima en la cantidad apropiada y al tiempo real en que se necesita para la producción de calzado en la empresa MARCIA “Buffalo Industrial”.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN:

3.1.1. Investigación de Campo

En el presente proyecto se realizó en base a una investigación de campo, ya que se aplicó un estudio sistemático y detallado dentro de la empresa de Calzado de Seguridad Industrial MARCIA “Buffalo Industrial”, en donde el problema fundamental, radica en el desabastecimiento de materias primas e insumos para la elaboración de calzado de seguridad, puesto que las visitas permitieron estar en contacto directo con la realidad de la empresa y obtener la información necesaria mediante la colaboración de las personas que laboran en el sitio de estudio, de esta manera proponer un proyecto que dé solución al problema en base a los objetivos planteados.

3.1.2. Investigación Bibliográfica

La investigación bibliográfica se utilizó ya que permitió conocer, comparar, ampliar, profundizar, deducir diferentes enfoques, teorías, conceptualizaciones, apoyándose de fuentes confiables como libros, documentos y publicaciones científicas que aporten el conocimiento requerido para alcanzar una adecuada solución del problema.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA:

La presente investigación no requiere de población y muestra ya que la propuesta planteada se desarrolla en el proceso de manejo y control de stocks dentro de la empresa la MARCIA “Buffalo Industrial”.

3.3. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Toda la información se obtuvo a través de la aplicación de técnicas de recolección de datos como las observaciones y la revisión de documentos existentes en la empresa relacionados con el manejo de materiales e insumos, además un factor importante para la recolección de información fue el personal que conforma la empresa, ya que son parte de los procesos e interactúan con estos; por otro lado, también se requirió la ayuda de información bibliográfica enfocada a la planeación de materiales.

3.4. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Una vez obtenida la información se procedió a realizar los siguientes pasos:

- a) Revisión de la información recopilada.
- b) Reconocer el proceso de producción mediante diagramas de flujo.
- c) Análisis del estudio de tiempo mediante tablas.
- d) Estudio de capacidad mediante análisis estadístico.
- e) Realización de pronóstico mediante el modelo estacionario.
- f) Análisis de costos mediante entrevistas al área administrativa.
- g) Realización de la planeación agregada, plan maestro de producción y plan de requerimiento de materiales mediante investigación bibliográfica aplicando la metodología más ajustada a la realidad de la empresa.
- h) Selección de alternativas de modelos de programación
- i) Análisis e interpretación de los resultados.

3.5. DESARROLLO DEL PROYECTO

- Análisis de la cadena de abastecimiento.
- Listado de materiales utilizados en fabricación de los diferentes tipos de calzado de seguridad industrial.
- Elaboración de diagramas de procesos
- Recopilación de información necesaria (histórico de ventas de los productos, análisis ABC, costos variables, costos fijos, etc.).
- Pronóstico de ventas para cada producto en cada periodo (meses).
- Recolección de tiempos por actividad realizada para la elaboración del calzado.
- Desarrollo del plan agregado de producción aplicando estrategias tradicionales de producción.
- Elaboración del programa maestro de producción.
- Determinación la lista de materiales con la cantidad de componentes, ingredientes y/o materiales para elaborar cada producto del MPS.
- Elaboración del árbol de estructura para cada producto final, por niveles.
- Desarrollo del MRP para los modelos de máquinas seleccionadas en una hoja de cálculo.
- Selección de un modelo matemático aplicado a MRP
- Aplicación del modelo matemático seleccionado al MRP.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1 INTRODUCCIÓN A LA EMPRESA

4.1.1. Descripción de Calzado Marcia -Buffalo Industrial

Empresa ambateña dedica a la fabricación de calzado de seguridad industrial, con altos niveles de calidad, comprometida con el cumplimiento de las expectativas y necesidades de sus clientes, desarrollando sus productos con características de confort, calidad y diseño innovador, con lo cual le ha permitido sumergirse en el mercado nacional e internacional de manera sólida.







Datos de la Empresa

- **Nombre de la empresa:** Calzado Marcia - Buffalo Industrial
- **Contacto:** Arq. Patricio Cherrez
- **Dirección:** Imbabura s/n y Gertrudiz Esparza (Ambato – Tungurahua)
- **Teléfono:** 032410094 - 032841414
- **Mail Gerencia:** pcherrez60@yahoo.es
- **Web:** ww.buffaloindustrial.com.ec

Productos

La empresa ofrece una gran variedad de calzado para dama y caballero como se muestra desde la tabla 2 a la tabla 6.

Tabla 2 Botas Industriales (Código)

Código	Modelo	Características	
B-01	 <p data-bbox="539 555 943 584">Figura 4 Bota Industrial Código B-01</p>	Materiales Cuero / Piel	Ruso
		Construcción	Cementado
		Suela	Poliuterano
		Talla	37 - 44
		Color	Café Negro
B-02	 <p data-bbox="539 797 943 826">Figura 5 Bota Industrial Código B-02</p>	Materiales Cuero / Piel	Splinter Nobuk
	Construcción	Cementado	
	Suela	Caucho	
	Talla	37 - 44	
	Color	Café	
B-03	 <p data-bbox="539 1084 943 1117">Figura 6 Bota Industrial Código B-03</p>	Materiales Cuero / Piel	Ruso Lona
	Construcción	Cementado	
	Suela	Caucho Poliuterano	
	Talla	37 - 45	
	Color	Negro	
B-04	 <p data-bbox="539 1391 943 1422">Figura 7 Bota Industrial Código B-04</p>	Materiales Cuero / Piel	Ruso Natural
	Construcción	Cementado	
	Suela	Caucho Poliuterano	
	Talla	37 - 44	
	Color	Negro	
B-05	 <p data-bbox="539 1686 943 1718">Figura 8 Bota Industrial Código B-05</p>	Materiales Cuero / Piel	Ruso
	Construcción	Cementado	
	Suela	Caucho Poliuterano	
	Talla	37 - 45	
	Color	Negro	
B-06	 <p data-bbox="539 1939 943 1968">Figura 9 Bota Industrial Código B-06</p>	Materiales Cuero / Piel	Natural
	Construcción	Inyectado	
	Suela	Poliuterano	
	Talla	37 - 44	
	Color	Negro	

B-07		Materiales Cuero / Piel	Ruso
		Construcción	Cementado
		Suela	Caucho Poliuterano
		Talla	37 - 44
		Color	Negro

Figura 10 Bota Industrial Código B-07

Fuente: Empresa MARCIA "Buffalo Industrial"

Tabla 3 Calzado Dieléctrico Industrial (Código D)

Código	Modelo	Características	
D-01		Materiales Cuero / Piel	Graso Nobuk
		Construcción	Cementado
		Suela	Caucho Poliuterano
		Talla	38 - 45
		Color	Café Amarillo
Figura 11 Dieléctrico Industrial Código D-01			
D-02		Materiales Cuero / Piel	Graso Nobuk
		Construcción	Cementado
		Suela	Caucho Poliuterano
		Talla	37 - 44
		Color	Café Amarillo
Figura 12 Dieléctrico Industrial Código D-02			
D-03		Materiales Cuero / Piel	Nobuk
		Construcción	Cementado
		Suela	Poliuterano
		Talla	37 - 45
		Color	Café
Figura 13 Dieléctrico Industrial Código D-03			
D-04		Materiales Cuero / Piel	Nobuk Splinter
		Construcción	Cementado
		Suela	Caucho Poliuterano
		Talla	37 - 44
		Color	Café Amarillo
Figura 14 Dieléctrico Industrial Código D-04			

D-05		Materiales Cuero / Piel	Splinter
		Construcción	Inyectado
		Suela	Poliuterano
		Talla	37 - 45
		Color	Café Negro

Figura 15 Dieléctrico Industrial Código D-05

Fuente: Empresa MARCIA "Buffalo Industrial"

Tabla 4 Calzado De Seguridad de Industrial de Mujer (Código M)

Código	Modelo	Características	
M-01		Materiales Cuero / Piel	Natural
		Construcción	Cementado
		Suela	Caucho Poliuterano
		Talla	34 - 38
		Color	Café Negro

Figura 16 Industrial Mujer Código M-01

Fuente: Empresa MARCIA "Buffalo Industrial"

Tabla 5 Calzado Rebajado Industrial (Código R)



Código	Modelo	Características	
R-01		Materiales Cuero / Piel	Floter Graso
		Construcción	Cementado Inyección
		Suela	Caucho Poliuterano
		Talla	37 - 44
		Color	Café Negro
R-02		Materiales Cuero / Piel	Floter Natural
		Construcción	Cementado
		Suela	Caucho Poliuterano
		Talla	35 - 44
		Color	Café Negro Blanco




Figura 18 Rebajados Industrial Código R-02

R-03	 <p>Figura 19 Rebajados Industrial Código R-03</p>	Materiales Cuero / Piel	Ruso
		Construcción	Cementado
		Suela	Caucho Poliuterano
		Talla	35 - 45
		Color	Café Negro
R-04	 <p>Figura 20 Rebajados Industrial Código R-04</p>	Materiales Cuero / Piel	Splinter
		Construcción	Cementado Inyección
		Suela	Caucho Poliuterano
		Talla	37 - 44
		Color	Café Negro
R-05	 <p>Figura 21 Rebajados Industrial Código R-05</p>	Materiales Cuero / Piel	Splinter
		Construcción	Cementado
		Suela	Caucho Poliuterano
		Talla	37 - 44
		Color	Café Negro
R-06	 <p>Figura 22 Rebajados Industrial Código R-06</p>	Materiales Cuero / Piel	Floter
		Construcción	Inyectado
		Suela	Poliuterano
		Talla	37 - 44
		Color	Café Negro
R-07	 <p>Figura 23 Rebajados Industrial Código R-07</p>	Materiales Cuero / Piel	Floter Natural
		Construcción	Cementado
		Suela	Poliuterano
		Talla	37 - 44
		Color	Café Negro

Fuente: Empresa MARCIA “Buffalo Industrial”

Tabla 6 Semibotines Industriales (Código S)

Código	Modelo	Características	
S-01	 <p data-bbox="531 607 1027 640">Figura 24 Semibotines Industrial Código S-01</p>	Materiales Cuero / Piel	Graso Ruso
		Construcción	Cementado
		Suela	Caucho Poliuterano
		Talla	35 - 45
		Color	Café Negro
S-02	 <p data-bbox="531 943 1027 972">Figura 25 Semibotines Industrial Código S-02</p>	Materiales Cuero / Piel	Nobuk
		Construcción	Cementado
		Suela	Caucho Poliuretano
		Talla	37 - 44
		Color	Café Amarillo
S-03	 <p data-bbox="531 1263 1027 1294">Figura 26 Semibotines Industrial Código S-03</p>	Materiales Cuero / Piel	Ruso Graso
		Construcción	Cementado
		Suela	Caucho Poliuretano
		Talla	37 - 44
		Color	Café Negro
S-04	 <p data-bbox="531 1585 1027 1617">Figura 27 Semibotines Industrial Código S-04</p>	Materiales Cuero / Piel	Floter
		Construcción	Cementado
		Suela	Caucho Poliuretano
		Talla	37 - 44
		Color	Café Negro
S-05	 <p data-bbox="531 1944 1027 1975">Figura 28 Semibotines Industrial Código S-05</p>	Materiales Cuero / Piel	Ruso Graso
		Construcción	Cementado
		Suela	Caucho Poliuretano
		Talla	37 - 44
		Color	Café Negro

S-06	 <p>Figura 29 Semibotines Industrial Código S-06</p>	Materiales	Splinter
		Cuero / Piel	
		Construcción	Inyectado
		Suela	Poliuretano
		Talla	37 - 44
Color	Café Negro Gris		
S-07	 <p>Figura 30 Semibotines Industrial Código S-07</p>	Materiales	Splinter
		Cuero / Piel	
		Construcción	Inyectado
		Suela	Poliuretano
		Talla	37 - 45
Color	Café Negro		
S-08	 <p>Figura 31 Semibotines Industrial Código S-08</p>	Materiales	Splinter
		Cuero / Piel	Verlines
		Construcción	Inyectado
		Suela	Poliuretano
		Talla	37 - 45
Color	Café Negro		
S-09	 <p>Figura 32 Semibotines Industrial Código S-09</p>	Materiales	Floter
		Cuero / Piel	
		Construcción	Inyección
		Suela	Poliuretano
		Talla	37 - 45
Color	Café Negro		
S-10	 <p>Figura 33 Semibotines Industrial Código S-10</p>	Materiales	Splinter
		Cuero / Piel	
		Construcción	Cementado Inyección
		Suela	Poliuretano
		Talla	37 - 45
Color	Café Negro		

S-11	 <p>Figura 34 Semibotines Industrial Código S-11</p>	Materiales Cuero / Piel	Graso
		Construcción	Cementado
		Suela	Caucho Poliuretano
		Talla	37 - 44
		Color	Café Negro
S-12	 <p>Figura 35 Semibotines Industrial Código S-12</p>	Materiales Cuero / Piel	Floter
		Construcción	Inyección
		Suela	Poliuretano
		Talla	37 - 44
		Color	Café Negro
S-13	 <p>Figura 36 Semibotines Industrial Código S-13</p>	Materiales Cuero / Piel	Nobuk
		Construcción	Cementado
		Suela	Poliuretano
		Talla	37 - 44
		Color	Café Negro
S-14	 <p>Figura 37 Semibotines Industrial Código S-14</p>	Materiales Cuero / Piel	Splinter Graso
		Construcción	Cementado
		Suela	Poliuretano
		Talla	37 - 44
		Color	Café Negro
S-15	 <p>Figura 38 Semibotines Industrial Código S-15</p>	Materiales Cuero / Piel	Floter Natural
		Construcción	Inyección
		Suela	Poliuretano
		Talla	37 - 44
		Color	Café Negro

S-16		Materiales Cuero / Piel	Floter
		Construcción	Cementado
		Suela	Caucho Poliuretano
		Talla	37 - 44
		Color	Café Negro
Figura 39 Semibotines Industrial Código S-16			
S-17		Materiales Cuero / Piel	Splinter
		Construcción	Inyección
		Suela	Poliuretano
		Talla	37 - 45
		Color	Café Negro Gris
Figura 40 Semibotines Industrial Código S-17			
S-18		Materiales Cuero / Piel	Berlines Graso
		Construcción	Cementado
		Suela	Poliuretano
		Talla	37 - 44
		Color	Café Negro
Figura 41 Semibotines Industrial Código S-18			
S-19		Materiales Cuero / Piel	Graso Natural
		Construcción	Cementado
		Suela	Caucho Poliuretano
		Talla	37 - 44
		Color	Café Negro
Figura 42 Semibotines Industrial Código S-19			

Fuente: Empresa MARCIA "Buffalo Industrial"

Misión

Dejamos huellas que perduran...

Basadas y sustentadas en la filosofía de nuestra empresa, el excelente trabajo y calidez humana, las vivencias y experiencias adquiridas, la búsqueda de nuevas

alternativas, que brinden tecnología de punta a la fabricación de nuestro producto, satisfaciendo necesidades y cumpliendo a cabalidad nuestras obligaciones.

Visión

La visión viene desde los inicios de Buffalo Calzado Internacional, proponiendo ser una empresa eficiente, buscando la expansión de sus productos hacia mercados internacionales, basada en estrategias y normas de calidad y rentabilidad, capaz de comercializar sus productos de manera competitiva con grandes mercados.

Objetivos Estratégicos

- Buscar nuevos procesos, maquinarias y tecnologías.
- Extender el producto a mercados internacionales.
- Competir contra grandes marcas a nivel nacional.
- Formular estrategias de venta.
- Comercializar productos de buena calidad
- Entregar el calzado a tiempo y de forma eficaz.
- Presentar al público un producto bueno bonito y barato.
- Ofrecer al cliente una alternativa de mayor comodidad para sus pies.

Principios

Además se ha preocupado por inculcar los principios de lealtad, honestidad, compromiso, espíritu de equipo y de convivencia entre sus colaboradores, lo que han llevado a tener una exitosa permanencia en el mercado.

4.1.2. Cantidad de Empleados

Actualmente la empresa cuenta con 53 trabajadores divididos en los siguientes departamentos:

- *Gerencia y Contabilidad* 8 Empleados
- *Ventas y Compras* 4 Empleados
- *Producción* 28 Empleados
- *Empaque y Distribución* 4 Empleados
- *Diseño de Calzado* 1 Empleado
- *Proceso de Inyección* 8 Trabajadores

4.1.3. Estructura Organizacional

La estructura organizacional de la empresa se encuentra definida mediante el organigrama que está ilustrado en la figura 43, los niveles jerárquicos, funciones y responsabilidades no están establecidos estrictamente en la empresa, pero en base a las actividades desarrolladas se ha agrupado de la mejor manera las funciones de la empresa.

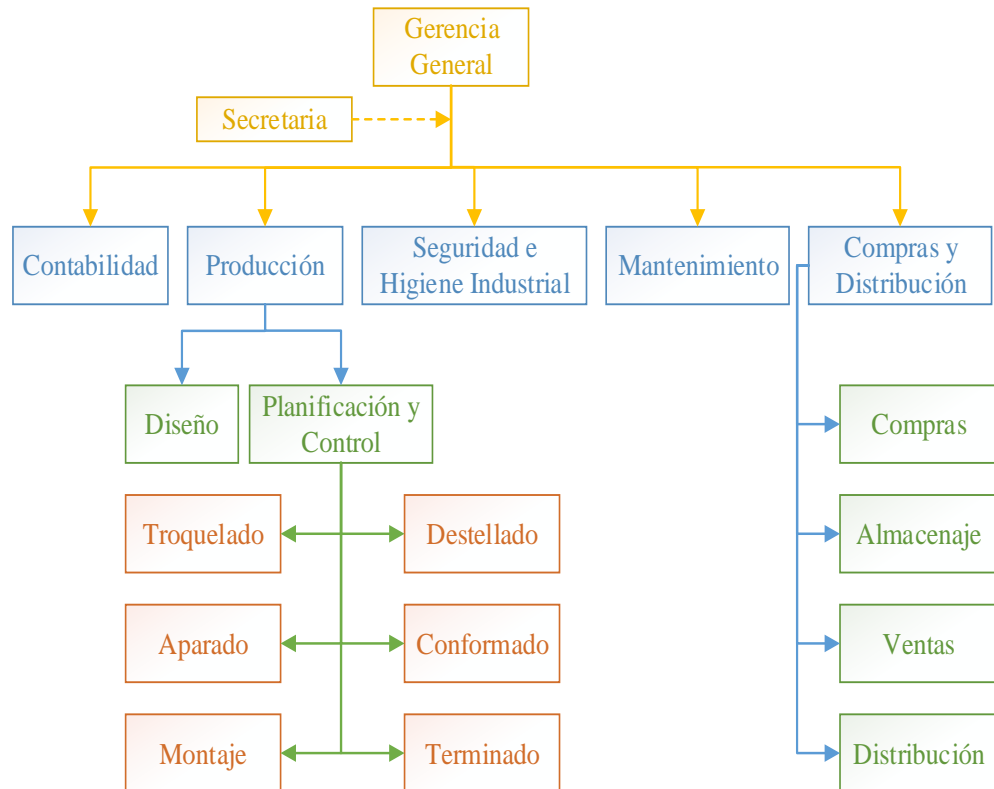


Figura 43 Organigrama Estructural de la empresa MARCIA "Buffalo Industrial"

Elaborado por: El investigador

La figura 44 presenta un organigrama representando las funciones generales que cumple cada área.

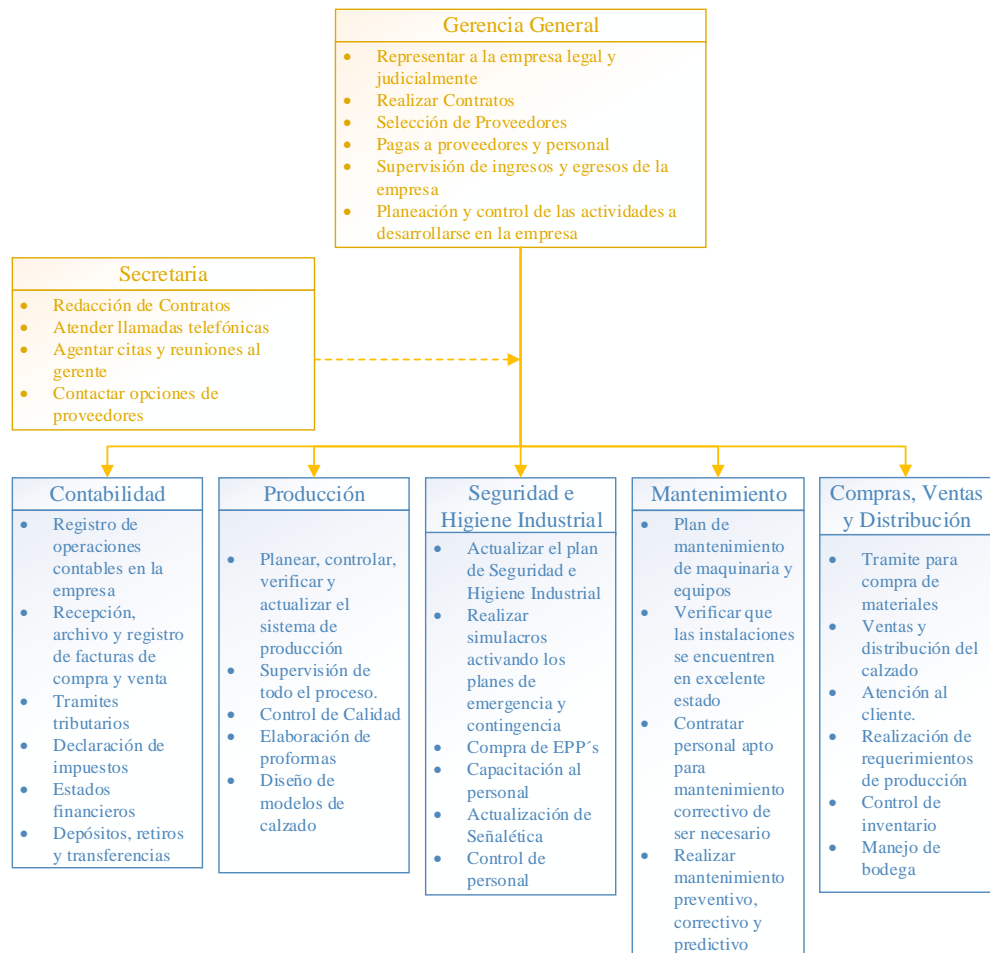


Figura 44 Organigrama Funcional de la empresa MARCIA "Buffalo Industrial"

Elaborado por: El investigador

4.1.4. Cadena de Abastecimiento

El diagrama general de la cadena de abastecimiento de la empresa de calzado de seguridad industrial MARCIA "Buffalo Industrial" se encuentra ilustrado en la figura 45, se encuentra formada por cuatro subsistemas: Abastecimiento (Compras de materias primas e insumos), Producción (Transformación de los insumos en un producto terminado), Distribución (Venta y Entrega de Pedidos) y Consumo (Consumidor final quien realiza los requerimientos del producto); además, cuenta con un flujo productivo, flujo de pedido y flujo de información.

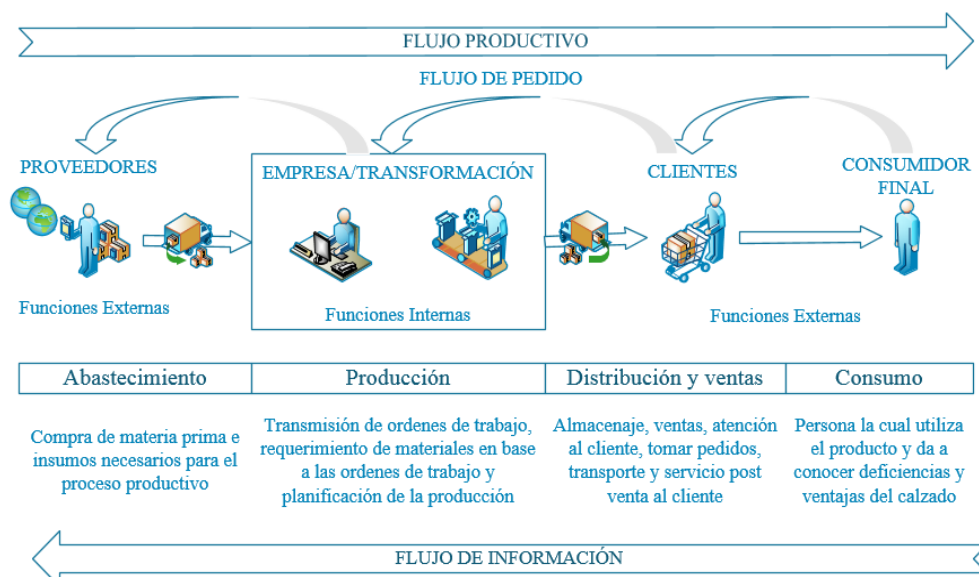


Figura 45 Diagrama General de la Cadena de Abastecimiento de MARCIA "Buffalo Industrial"

Fuente: Empresa MARCIA "Buffalo Industrial"

- **Abastecimiento**

La empresa de calzado de seguridad industrial MARCIA "Buffalo Industrial" en la actualidad cuenta con distintas empresas tanto nacionales como extranjeras de quienes se abastece de insumos y materias primas necesarias para cumplir con la producción, además, la organización establece los requerimientos obligatorios que le aseguren la calidad del producto. En la tabla 7 muestra los proveedores de insumos y materiales primas del producto en estudio.

Tabla 7 Proveedores de Insumos y Materiales

Material	Proveedores
Cuero Floter	Curtiduría Tungurahua Cristóbal Aguilar
Tafilete de color (negro, blanco, café)	Curtiduría San Jacinto
Gamusón Negro	Curtiduría San Jacinto
Forro de malla Meish	INBRAPE
Forro de Capellada	INBRAPE
Etiqueta Rhino Lengüeta Exterior	ETIQUETEX
Etiqueta Rhino bandera	ETIQUETEX
Etiqueta Poliuretano	ETIQUETEX
Plantilla negra (Terri tela toalla negra)	CREATEX

Plantilla Stroflex	INBRAPE
Yumbolon	POLYLON
Yumbolon	POLYLON
Recuño	INBRAPE
Contrafuerte	INBRAPE
Punta de acero	INBRAPE
Ojalillos	Colombia Herrajes
Hilo Poliester 40/3	Point
Suela Cementada	Grupo Nova
Solvente Cleaner	Forestali
Preimer Poligrip N315	Forestali
Pega Poligrip 999	Forestali
Pega	IMPRODEQ
Cordón	SINTATEX
Laca	CROMAGEN
Crayon Reparador	Yolanda Salazar
Funda	MundoPlax

Fuente: Fuente: Empresa MARCIA “Buffalo Industrial”

- **Producción**

MARCIA “Buffalo Industrial” es una empresa dedicada a la producción de calzado de seguridad industrial, actualmente posee una gran variedad de productos los cuales se encuentran registrados en catálogos, pero si el cliente desea otros requerimientos en el calzado la organización se encarga de cubrir las especificaciones de sus clientes.

- **Distribución**

MARCIA “Buffalo Industrial” no dispone de un almacén propio de la empresa para exhibición de sus productos, pero en el departamento de ventas le da la asesoría necesaria a los clientes. La empresa misma se encarga de la distribución de los productos terminados a sus clientes, para lo cual, cuenta con transporte propio el mismo que le permite dejar los productos en el lugar especificado por el usuario.

- **Clientes**

MARCIA “Buffalo Industrial” actualmente posee diferentes clientes en todo el territorio ecuatoriano, donde la calidad, comodidad y diseño innovador ha logrado provocar una excelente publicidad entre sus clientes mismos que han quedado satisfechos por el producto adquirido. Los productos llegan

directamente al consumidor final, es decir, a las personas que tiene algún trabajo con riesgo laboral, el cual, es cubierto con calzado de seguridad industrial para minimizar o eliminar la posibilidad de daño al trabajador.

- **Flujo de información**

El flujo de información de MARCIA “Buffalo Industrial”, se encuentra representada en la figura 46, donde se define las diferentes actividades que se realizan actualmente, desde el consumidor final hasta los proveedores, el flujo de información posee el mismo sentido que el flujo de pedido, ya que a partir de las especificaciones y requerimientos de los consumidores finales se realizan las órdenes de compra y producción para satisfacer a los clientes de forma óptima.

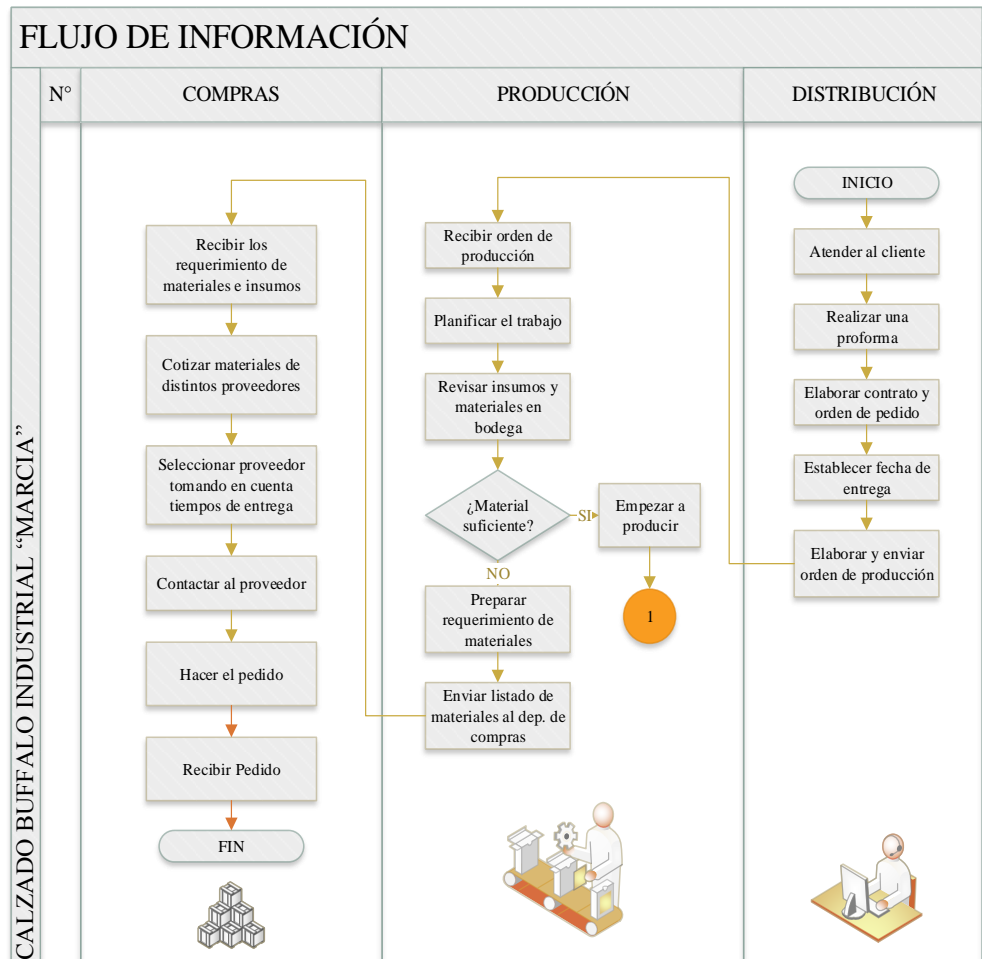


Figura 46 Flujo de Información MARCIA

Elaborado por: El investigador

- **Flujo de producto**

El flujo de producto que MARCIA “Buffalo Industrial” maneja se encuentra reflejado en la figura 47, en la que se encuentra definida las diferentes actividades que se realizan actualmente, desde el aprovisionamiento hasta el consumidor final, para cumplir con los requerimientos y especificaciones del cliente.

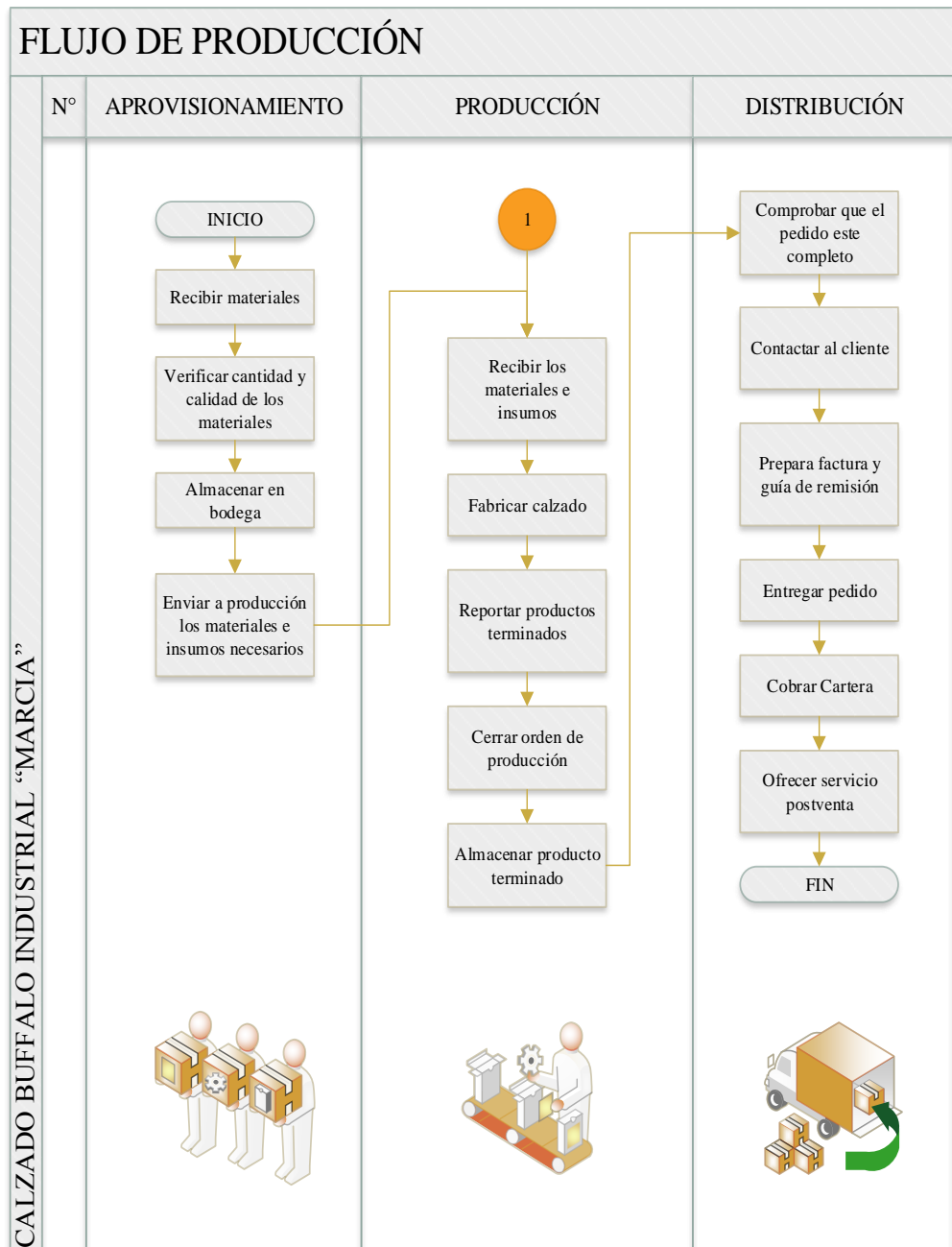


Figura 47 Flujo de proceso de la empresa MARCIA

Elaborado por: El investigador

4.1.5. Descripción del producto de análisis

El trabajo de investigación en campo se centrará en el modelo de calzado más vendido, lo cual dará la pauta para iniciar con el estudio de trabajo, por lo que a continuación, se desarrollará un análisis ABC.

a. Gráfico ABC para el modelo de calzado de seguridad industrial más demandando.

A continuación, en la tabla 8 se muestra las ventas totales realizadas en el año 2016.

Tabla 8 Ventas de Calzado de seguridad industrial año 2016

N°	Modelo	Venta Anual	Precio Unitario
1	B-01	2057	34,00
2	B-02	609	35,50
3	B-03	305	78,00
4	B-04	457	33,00
5	B-05	1219	39,00
6	B-06	1524	45,50
7	B-07	305	96,00
8	D-01	4571	42,00
9	D-02	1219	43,50
10	D-03	914	41,00
11	D-04	1067	42,50
12	D-05	2743	41,00
13	M-01	609	36,00
14	R-01	1828	33,50
15	R-02	152	32,50
16	R-03	762	35,00
17	R-04	609	36,50
18	R-05	305	32,00
19	R-06	152	31,00
20	R-07	117	36,50
21	S-01	10854	37,50
22	S-02	1067	36,00
23	S-03	2743	39,50
24	S-04	914	33,50
25	S-05	2286	33,00
26	S-06	1828	34,20
27	S-07	0	37,50
28	S-08	762	42,50

29	S-09	1524	41,50
30	S-10	14570	40,00
31	S-11	515	38,00
32	S-12	6857	35,50
33	S-13	4876	36,00
34	S-14	762	35,50
35	S-15	12293	37,00
36	S-16	49	34,50
37	S-17	5333	37,00
38	S-18	7618	38,50
39	S-19	762	35,00

Fuente: Empresa MARCIA "Buffalo Industrial"

Una vez obtenida la información de ventas en el año 2016 se procede a obtener el porcentaje de participación monetaria mediante la aplicación de la ecuación 12.

$$\% \text{ de participación} = \frac{100\%}{N^{\circ} \text{ de artículos}} \quad (12)$$

$$\% \text{ de participación} = \frac{100\%}{39}$$

$$\% \text{ de participación} = 2.6$$

Porcentaje el cual indica la participación que tienen todos los artículos.

Aplicando la ecuación 13 se puede encontrar la valorización de cada artículo y al aplicar la ecuación 14 se procede a determinar el porcentaje de consumo que han tenido en el año 2016 los modelos de calzado.

$$\text{Valorización} = \text{Costo unitario} * \text{Consumo anual} \quad (13)$$

$$\% \text{ de consumo} = \frac{\text{Valorización} * 100\%}{\text{Total de las valorizaciones}} \quad (14)$$

Se determina los resultados de todos los artículos aplicando las fórmulas anteriormente expuestas en el programa Microsoft Excel, estos datos ayudarán a desarrollar la columna de valorización y la de % de consumo de la tabla 9.

Tabla 9 Valorización y % de consumo por artículo

N°	Modelo	% de Participación	Valorización	% de Consumo
1	B-01	2,6	69936	1,88
2	B-02	2,6	21636	0,58
3	B-03	2,6	23769	0,64
4	B-04	2,6	15084	0,41
5	B-05	2,6	47539	1,28
6	B-06	2,6	69327	1,87
7	B-07	2,6	29254	0,79
8	D-01	2,6	191982	5,17
9	D-02	2,6	53024	1,43
10	D-03	2,6	37482	1,01
11	D-04	2,6	45329	1,22
12	D-05	2,6	112447	3,03
13	M-01	2,6	21941	0,59
14	R-01	2,6	61252	1,65
15	R-02	2,6	4952	0,13
16	R-03	2,6	26664	0,72
17	R-04	2,6	22246	0,60
18	R-05	2,6	9751	0,26
19	R-06	2,6	4723	0,13
20	R-07	2,6	4254	0,11
21	S-01	2,6	407020	10,96
22	S-02	2,6	38396	1,03
23	S-03	2,6	108333	2,92
24	S-04	2,6	30626	0,82
25	S-05	2,6	75422	2,03
26	S-06	2,6	62531	1,68
27	S-07	2,6	0	0,00
28	S-08	2,6	32378	0,87
29	S-09	2,6	63232	1,70
30	S-10	2,6	582781	15,70
31	S-11	2,6	19563	0,53
32	S-12	2,6	243406	6,56
33	S-13	2,6	175527	4,73
34	S-14	2,6	27045	0,73
35	S-15	2,6	454847	12,25
36	S-16	2,6	1676	0,05
37	S-17	2,6	197315	5,31
38	S-18	2,6	293307	7,90

39	S-19	2,6	26664	0,72
Total		100	3712664	100

Elaborado por: El Investigador

Una vez obtenidos los resultados de las ecuaciones 13 y 14, se ordena la tabla 9 de mayor a menor referente a la columna de % de consumo, además, se aplica la ecuación 15 y 16, las cuales permitirá obtener el % de participación acumulada y el % de consumo acumulado respectivamente.

$$\% \text{ de participación acumulada} = \% \text{ de participación acumulada}_{i-1} + \% \text{ de participación}_i \quad (15)$$

$$\% \text{ de consumo acumulada} = \% \text{ de consumo acumulada}_{i-1} + \% \text{ de consumo}_i \quad (16)$$

Se determinan los resultados de las ecuaciones 15 y 16 mediante la utilización de Excel, dando lugar a la columna de % de participación acumulada y % de consumo acumulada, como se muestra en la tabla 10.

Tabla 10 % de participación acumulada y % de consumo acumulado

Nº	Modelo	% de Participación	Valorización	% de Consumo	% de participación acumulada	% de consumo acumulado
30	S-10	2,6	582781	15,70	3	15,70
35	S-15	2,6	454847	12,25	5	27,95
21	S-01	2,6	407020	10,96	8	38,91
38	S-18	2,6	293307	7,90	10	46,81
32	S-12	2,6	243406	6,56	13	53,37
37	S-17	2,6	197315	5,31	15	58,68
8	D-01	2,6	191982	5,17	18	63,85
33	S-13	2,6	175527	4,73	21	68,58
12	D-05	2,6	112447	3,03	23	71,61
23	S-03	2,6	108333	2,92	26	74,53
25	S-05	2,6	75422	2,03	28	76,56
1	B-01	2,6	69936	1,88	31	78,44
6	B-06	2,6	69327	1,87	33	80,31
29	S-09	2,6	63232	1,70	36	82,01
26	S-06	2,6	62531	1,68	38	83,70
14	R-01	2,6	61252	1,65	41	85,35
9	D-02	2,6	53024	1,43	44	86,78
5	B-05	2,6	47539	1,28	46	88,06

11	D-04	2,6	45329	1,22	49	89,28
22	S-02	2,6	38396	1,03	51	90,31
10	D-03	2,6	37482	1,01	54	91,32
28	S-08	2,6	32378	0,87	56	92,19
24	S-04	2,6	30626	0,82	59	93,02
7	B-07	2,6	29254	0,79	62	93,81
34	S-14	2,6	27045	0,73	64	94,53
16	R-03	2,6	26664	0,72	67	95,25
39	S-19	2,6	26664	0,72	69	95,97
3	B-03	2,6	23769	0,64	72	96,61
17	R-04	2,6	22246	0,60	74	97,21
13	M-01	2,6	21941	0,59	77	97,80
2	B-02	2,6	21636	0,58	79	98,38
31	S-11	2,6	19563	0,53	82	98,91
4	B-04	2,6	15084	0,41	85	99,32
18	R-05	2,6	9751	0,26	87	99,58
15	R-02	2,6	4952	0,13	90	99,71
19	R-06	2,6	4723	0,13	92	99,84
20	R-07	2,6	4254	0,11	95	99,95
36	S-16	2,6	1676	0,05	97	100,00
27	S-07	2,6	0	0,00	100	100,00

Elaborado por: El Investigador.

Una vez obtenidos los resultados se traza la gráfica ABC y se determina sus respectivas zonas, tal como se observa en la figura 48, en donde el eje y se encuentra representado por el % de consumo acumulada y el eje x por el % de participación acumulada.

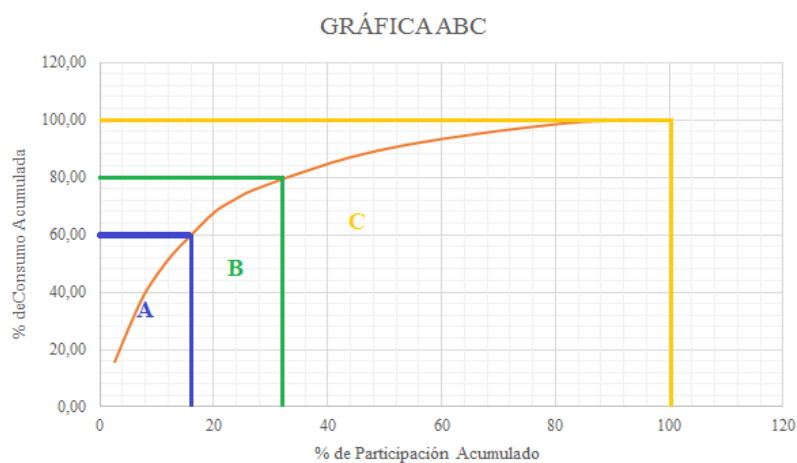


Figura 48 Gráfica ABC
Elaborado por: El investigador

Se determina los productos A, B y C, en donde los productos de clasificación A, se escogen los modelos de calzado que se encuentran dentro del 60% de la columna de % de consumo acumulada, por otro lado, la clasificación B va desde el 60% al 80% y por último la clasificación C se encuentra representada por aquellos productos que van del 80% al 100%, como se muestra en la tabla 11

Tabla 11 Clasificación ABC

Nº	Modelo	Clasificación
30	S-10	A
35	S-15	
21	S-01	
38	S-18	
32	S-12	
37	S-17	
8	D-01	B
33	S-13	
12	D-05	
23	S-03	
25	S-05	
1	B-01	
6	B-06	C
29	S-09	
26	S-06	
14	R-01	
9	D-02	
5	B-05	
11	D-04	
22	S-02	
10	D-03	
28	S-08	
24	S-04	
7	B-07	
34	S-14	
16	R-03	
39	S-19	
3	B-03	
17	R-04	

13	M-01
2	B-02
31	S-11
4	B-04
18	R-05
15	R-02
19	R-06
20	R-07
36	S-16
27	S-07

Elaborado por: El investigador

Llegando al final del análisis ABC de los productos que tiene la empresa se determinó que el estudio del proyecto de investigación se debe basar en el calzado seguridad industrial Safety S-10, ya que fue el más demandado en el año 2016.

4.2 ANÁLISIS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN

4.2.1 Proceso Productivo

Las áreas de trabajo en las que se encuentra dividido la empresa MARCIA “Buffalo Industrial” son las partes del proceso productivo por donde fluye la materia prima, insumos, producto semi-ensamblado, ensamblado o terminado, las cuales brindan al calzado características de calidad, confort y diseño innovador para la satisfacción del cliente; en la actualidad las áreas son:

- Bodega y Ventas
- Corte y Troquelado
- Destallado
- Aparado
- Ojalillado
- Conformado de punta y talón.
- Preparación de plantilla
- Montaje
- Terminado
- Empaquetado

La descripción de las áreas de trabajo dentro de la planta de producción de calzado de seguridad industrial se detalla a continuación:

Bodega y Ventas

Es el departamento encargado de realizar y emitir las órdenes de producción a la planta, en base a los pedidos realizados por los clientes, además se encarga de proporcionar la materia prima e insumos necesarios a cada una de las partes del proceso que lo requiera, como se muestra en la figura 49.



Figura 49 Bodega materias primas
Fuente: Empresa MARCIA “Buffalo Industrial”

Corte y troquelado

El área de corte es una mesa en donde se realizan cortes manuales de piezas de ciertos modelos de calzado que ofrece la empresa, por otra parte, el área de troquelado está compuesto por dos elementos que son:

Troquelado de cueros:

Área en la cual se realiza el troquelado de cuero según las características necesarias, como se muestra en la figura 50.



Figura 50 Bodega materias primas
Fuente: Empresa MARCIA “Buffalo Industrial”

Troquelado de forros

En donde se realiza el troquelado del forro en complementos, como se muestra en la figura 51.



Figura 51 Troquelado de forros
Fuente: Empresa MARCIA “Buffalo Industrial”

Destallado

Área en la cual se realiza el destallado del cuero de cada una de las piezas provenientes del área de troquelado de cueros, como se muestra en la figura 52.



Figura 52 Destallado de Cueros
Fuente: Empresa MARCIA “Buffalo Industrial”

Preparado

Área en donde se ordenan y pintan los cantos según la talla tal como se muestra en la tabla 12, además se colocan las etiquetas en la lengüeta del calzado, como se muestra en la figura 53.



Figura 53 Preparación de cortes
Fuente: Empresa MARCIA “Buffalo Industrial”

Tabla 12 Colores de pintura para los cantos

COLOR	TALLA
PLOMO	36
AZUL	37
BLANCO	38
SIN COLOR	39
ROJO	40
VERDE	41
AMARILLO	42
NEGRO	43
AZUL-	44
BLANCO	
ROJO-	45
VERDE	

Rayado y Pega de blanca

Se raya cada una de los cortes que es por donde debe ir la costura en el aparado del calzado, y también se pegan los complementos y cortes que sean necesarios, como se muestra en la figura 54.



Figura 54 Pegado y Rayado de cortes
Fuente: Empresa MARCIA “Buffalo Industrial”

Aparado de cortes y complementos

Área donde se arma las piezas cortadas de acuerdo a la talla dada por la actividad de preparado, como se muestra en la figura 55.



Figura 55 Aparado
Fuente: Empresa MARCIA “Buffalo Industrial”

Ojalillado

Área en la cual se colocan los ojales en el modelo de calzado que lo requiera, como se muestra en la figura 56.



Figura 56 Ojalillado
Fuente: Empresa MARCIA “Buffalo Industrial”

Conformado de punta y talón.

Área en la cual existe una zona de preparación donde se empasta la punta y el talón para posteriormente ser conformado en caliente y en frío en el caso del talón y solo en caliente en el caso de la punta, como se muestra en la figura 57.



Figura 57 Conformado de Punta y Talón.
Fuente: Empresa MARCIA “Buffalo Industrial”

Preparado de suelas

El área de preparado de suelas se encuentra dividido por dos actividades fundamentales:

Pulido de suelas

Lugar en el cual se pulen las suelas para mayor adhesión de la pega, como se muestra en la figura 58



Figura 58 Pulido de Plantas
Fuente: Empresa MARCIA “Buffalo Industrial”

Untar pegamento en las suelas

En esta área se unta solvente si la suela es de material poliuretano y alogenante si es de caucho, posteriormente se unta el premier y por último la pega, como se muestra en la figura 59.



Figura 59 Pegado de Suelas
Fuente: Empresa MARCIA “Buffalo Industrial”

Cosido de la planta con el conjunto armado

Esta es una de las actividades del área de montaje donde el conjunto armado (talón y capellada) es cosido con la plantilla lo cual se conoce como el Sistema Strobel, como se muestra en la figura 60.



Figura 60 Cosido con el Sistema Strobel
Fuente: Empresa MARCIA “Buffalo Industrial”

Puesta de Horma

Actividad de montaje que se encarga de colocar una horma en el conjunto armado según la talla.

Armado de Punta.

Actividad del área de montaje en donde se procede a untar pegamento en la punta, poner la punta de acero o poliuretano de ser necesario, suavizar el cuero y armar la punta, como se muestra en la figura 61.



Figura 61 Armado de puntas
Fuente: Empresa MARCIA “Buffalo Industrial”

Pegado del recuño

Actividad perteneciente al área de montaje en la cual se pega el recuño en la zona del talón para que de esta manera sea más cómodo y resistente, como se muestra en la figura 62.



Figura 62 Pegado de Recuño
Fuente: Empresa MARCIA “Buffalo Industrial”

Pre-cardado

En donde se realiza un pre cardado de la planta del conjunto armado para el posterior rayado, como se muestra en la figura 63.



Figura 63 Pre Cardado
Fuente: Empresa MARCIA “Buffalo Industrial”

Rayado

Actividad donde se raya el contorno de la suela en el conjunto armado, como se muestra en la figura 64.



Figura 64 Rayado de Suelas
Fuente: Empresa MARCIA “Buffalo Industrial”

Cardado

Actividad en la cual se carda el conjunto armado hasta donde se encuentre rayado, esto se realiza para mejor adhesión de la pega, como se muestra en la figura 65.



Figura 65 Cardado
Fuente: Empresa MARCIA “Buffalo Industrial”

Mesa de Pegado

Actividad en la cual se procede a untar prymer y pega en la zona cardada, como se muestra en la figura 66.



Figura 66 Untar prymer y pega
Fuente: Empresa MARCIA “Buffalo Industrial”

Reactivadora de Pega

Actividad en la cual se coloca el conjunto armado (calzado) y la planta en una maquina reactivadora de pega para mayor adhesión entre las partes, como se muestra en la figura 67.



Figura 67 Reactivadora de Pega
Fuente: Empresa MARCIA “Buffalo Industrial”

Prensado del calzado

Actividad donde se procede a pegar el conjunto armado con la planta y posteriormente colocar el calzado en una maquina prensadora, como se muestra en la figura 68.



Figura 68 Prensado del Calzado
Fuente: Empresa MARCIA “Buffalo Industrial”

Enfriado

Se enfría el calzado por un cierto tiempo en la máquina enfriadora, como se muestra en la figura 69.



Figura 69 Enfriado del Calzado
Fuente: Empresa MARCIA “Buffalo Industrial”

Sacado de Horma

Actividad en la cual se saca la horma del calzado, como se muestra en la figura 70.



Figura 70 Sacado de horma
Fuente: Empresa MARCIA “Buffalo Industrial”

Terminado

Área en la cual se le da al calzado los acabados necesarios, tales como, la colocación de la plantilla y cordones, pintar los fallos, dar brillo al calzado y enfundar según la talla y el modelo, como se muestra en la figura 71



Figura 71 Terminado
Fuente: Empresa MARCIA “Buffalo Industrial”

4.2.2 Descripción de Maquinaria y Equipo

La empresa de Calzado MARCIA - Buffalo Industrial en la actualidad posee una gran cantidad de máquinas que ayudan en la fabricación de calzado de seguridad industrial con mayor eficiencia y en el menor tiempo posible, en la Tabla 13 se detallan de manera más clara las características de la maquinaria utilizada durante el proceso productivo.

Tabla 13 Descripción de Maquinaria empresa MARCIA “Buffalo Industrial”

N°	MAQUINA	MODELO	MARCA	AREA
1	Ojalilladora para ojal metálico	6020MR	Pipe variane	Aparado
2	Ojalilladora para ojal plástico	2001-E-R	Sps.srl	Aparado
3	Pasadora de ganchos alpino	97-VI5-5-10	Sps.srl	Aparado
4	Maquina ribeteadora	GC315-143LM	Garudan	Aparado
5	Armadora de punteras	STRATUS AMG-CPU	Poppi	Armado
6	Generador eléctrico	GSO	Wacker	C. De maquinas
7	Conformadora de talón	P80	Sogorbmac	Empastado
8	Inyectora	STAR-B13TQ	Sulpol	Inyectado
9	Montacargas			Mantenimiento
10	Maquina medidora	MMC-30	Master	Medido
11	Reactivadora de suelas de calor	409PS	Elettrotecnica	Montaje
12	Prensa boca de sapo	PTS-10	Master	Montaje
13	Prensa de funda	202	Sasi	Montaje
14	Cámara de frio	488PS	Elettrotecnica	Montaje
15	Segundiadora	CS1520	Ivomaq	Montaje
16	Mano guía	VTM/1/36	Volonte	Montaje
17	Armadora de puntas	710RC	Elettrotecnica	Montaje
18	Armadora de talón y lados	999RC	Elettrotecnica	Montaje
19	Cardadora	88	Elettrotecnica	Montaje
20	Cámara de frio	EF330	Master	Terminado
21	Troqueladora de puente	F5/1	Fipi	Troquelado
22	Troquelado de bandera	06145P2	Svit	Troquelado
23	Mano guia de aparado	SV0221G5A-2	Daming shoe machinery	Aparado


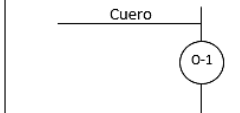





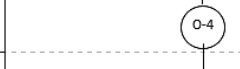













24	Maquina automática	GPS/G/6040H-20/EH/NC/TH	Garudan	Aparado 2
25	Preformadora de plantillas			Preformado
26	Troqueladora de puente	F79	Suteau -anver	Preformado
27	Troqueladora de bandera atom	G999	Atom	Preformado

Fuente: Empresa MARCIA “Buffalo Industrial”

4.2.3 Levantamiento de Procesos






















El levantamiento de procesos se ha de realizar mediante el desarrollo de cursogramas analíticos y sinópticos, los cuales son las herramientas de ingeniería más apropiadas para conocer el proceso productivo actual de la empresa MARCIA “Buffalo Industrial”, por tanto, desde la tabla 14 a la tabla 29 se detallan las actividades realizadas en cada una de las áreas de la organización.

Tabla 14 Diagrama sinóptico del área de Troquelado de Cuero

		Troquelado de Cueros		Código:	
				Fecha de Elaboración:	
				Última Aprobación:	
				Revisión:	
Elaborado por: César Fierro		Revisado por: Jorge Amaguaña		Aprobado por: Patricio Cherez	
OBJETIVO: Levantar el proceso actual para el troquelado de cueros del modelo de calzado Safety S-10					
CONDICIONES GENERALES					
Dentro del área existen 4 máquinas las cuales pueden realizar el troquelado de las piezas de cuero que conforman al calzado, es un proceso que no requiere de gran concentración y habilidad con las extremidades superiores.					
TIEMPOS	PROCESO	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES		
			Materia Prima	Maquinaria o Instrumentos	Importancia
20.95 s		Recepción de la materia prima	Cuero	-	
8.36 s		Selección de moldes según la talla requerida en la orden de trabajo	Cuero	Moldes para troquel según la talla	
6.88 s		Troquelar el cuero	Cuero	Troquelador y moldes	
17.22 s		Colocar cortes en gavetas	Cuero	Gavetas	
16.23 s		Transporte a Destellado	Cuero	Gavetas	
IMPORTANTE: El presente diagrama muestra el levantamiento del proceso actual de troquelado de cueros del modelo de calzado de seguridad industrial Safety S-10, lo que permitirá identificar actividades innecesarias que podrían ser eliminadas debido a que no aportan dentro del proceso productivo, generando pérdidas.					
NOMENCLATURA:					
					
Operación	Espera	Almacenamiento	Transporte	Operación Combinada	
					
Actividad innecesaria, no añade valor al producto.	Actividad necesaria, no añade valor al producto.	Actividad necesaria, añade valor al producto.	Actividad necesaria, añade valor al producto.	Actividad necesaria, añade valor al producto.	


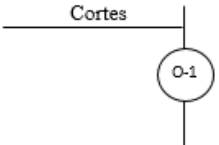















Elaborado por: El investigador

Tabla 16 Diagrama sinóptico del área de Troquelado de forros y complementos

	Troquelado de Forros y Complementos		Código:		
			Fecha de Elaboración:		
			Última Aprobación:		
			Revisión:		
Elaborado por: César Fierro	Revisado por: Jorge Amaguaña	Aprobado por: Patricio Cherez			
OBJETIVO: Levantar el proceso actual para el troquelado de forros y complementos del modelo de calzado Safety S-10					
CONDICIONES GENERALES					
Dentro del área existen 1 máquina la cual puede realizar el troquelado de forros y complementos que conforman al calzado, es un proceso que no requiere de gran concentración y habilidad con las extremidades superiores.					
TIEMPOS	PROCESO	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES		
			Recursos	Importancia	
18.24 s		Recepción de la materia prima	Materia Prima Forro	Maquinaria o Instrumentos -	
			Forro	-	
9.953 s		Selección de moldes según la talla requerida en la orden de trabajo	Forro	Moldes para troquel según la talla	
12.707 s		Troquelar el forro y complementos según la talla	Forro	Troquelador y moldes	
44.715 s		Colocar cortes en gavetas	Forro	Gavetas	
19.033 s		Transporte a Etiquetado	Forro	Gavetas	
IMPORTANTE: El presente diagrama muestra el levantamiento del proceso actual de troquelado de forros y complementos del modelo de calzado de seguridad industrial Safety S-10, lo que permitirá identificar actividades innecesarias que podrían ser eliminadas debido a que no aportan dentro del proceso productivo, generando pérdidas.					
NOMENCLATURA:					
 Operación	 Espera	 Almacenamiento	 Transporte	 Operación Combinada	
 Actividad innecesaria, no añade valor al producto.	 Actividad necesaria, no añade valor al producto.	 Actividad necesaria, añade valor al producto.	 Actividad necesaria, añade valor al producto.		


Elaborado por: El investigador

Tabla 18 Diagrama sinóptico del área de Destellado y Etiquetado

	Destellado y Etiquetado		Código:		
			Fecha de Elaboración:		
			Última Aprobación:		
			Revisión:		
Elaborado por: César Fierro	Revisado por: Jorge Amaguaña	Aprobado por: Patricio Cherrez			
OBJETIVO: Levantar el proceso actual para el troquelado de forros y complementos del modelo de calzado Safety S-10					
CONDICIONES GENERALES					
Dentro del área existen 2 máquina funcionales las cuales pueden realizar el destellado de cuero y el etiquetado de los forros y complementos que conforman al calzado, es un proceso que no requiere de gran concentración y habilidad con las extremidades superiores.					
TIEMPOS	PROCESO	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES		
			Recursos	Importancia	
18.79 s		Recepción de los cortes provenientes del área de troquelado	Materia Prima	Maquinaria o Instrumentos	
			Cuero y Forro		
3.789 s	O-2	Destellar los cortes	Cuero	Detalladora	
21.33 s	O-3	Pintar los cantos de la capellada y talón	Cuero	Brochas y pintura	
8.22 s	O-4	Etiquetado	Forro	Etiquetadora	
13.23 s	O-5	Ubicar en gavetas	Forro	Gavetas	
-	E-1	Esperar que se acabe de destellar y etiquetar toda la orden de producción.	Cuero y Forro	Gavetas	
IMPORTANTE:					
El presente diagrama muestra el levantamiento del proceso actual de troquelado de forros y complementos del modelo de calzado de seguridad industrial Safety S-10, lo que permitirá identificar actividades innecesarias que podrían ser eliminadas debido a que no aportan dentro del proceso productivo, generando pérdidas.					
NOMENCLATURA:					
 Operación	 Espera	 Almacenamiento	 Transporte	 Operación Combinada	
 Actividad innecesaria, no añade valor al producto.	 Actividad necesaria, no añade valor al producto.	 Actividad necesaria, añade valor al producto.	 Actividad necesaria, añade valor al producto.		


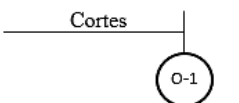













Elaborado por: El investigador

Tabla 19 Diagrama analítico del área de Destellado y Etiquetado

	Destellado y Etiquetado			Código:					
				Fecha de Elaboración:					
				Última Aprobación:					
				Revisión:					
Elaborado por: César Fierro		Revisado por: Jorge Amaguaña		Aprobado por: Patricio Cherez					
OBJETIVO: Levantar la información del proceso actual del destellado de cuero y etiquetado de forros y complementos del modelo de calzado Safety S-10									
CURSOGRAMA ANALÍTICO				Operario / Material / Equipo					
Diagrama no. 003				Resumen					
Producto: Cortes destellados y forros etiquetados				Actividad		Actual	Propuesto	Economía	
				Operación ○		4			
Actividad: Destellado de Cuero y Etiquetado de Forros				Inspección □		0			
				Espera ◻		1			
Método: Actual / Propuesto				Transporte ⇨		1			
				Almacenamiento ▽		0			
Lugar: Área de destellado y etiquetado				Distancia (mts.)					
				Tiempo (hrs.-hom.)					
				TOTAL					
DESCRIPCIÓN	Cantidad	Distancia	Tiempo (s)	Actividad					OBSERVACIONES
				○	□	◻	⇨	▽	
Recepción de los cortes provenientes del área de troquelado			18.24	●					Se recibe todo los cortes y se distinguen que tallas son.
Destellar los cortes			9.953	●					-
Pintar los cantos de la capellada y talón			12.707	●					Se pintan los cantos de los cortes según la talla.
Etiquetado			44.715	●					Se etiquetan los cortes de forros y complementos que sean necesario.
Ubicar en gavetas			-	●					Se colocan en gavetas los cantos pintados y los forros etiquetados
Esperar que se acabe de destellar y etiquetar toda la orden de producción.			19.033				●		-
TOTAL					4	0	1	1	0


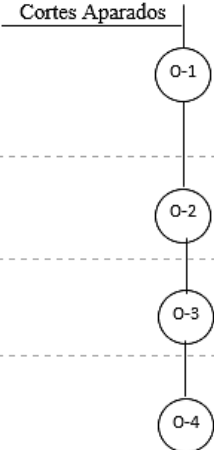













Elaborado por: El investigador

Tabla 20 Diagrama sinóptico del área de Aparado

	Aparado		Código:		
			Fecha de Elaboración:		
			Última Aprobación:		
			Revisión:		
Elaborado por: César Fierro		Revisado por: Jorge Amaguaña		Aprobado por: Patricio Cherez	
OBJETIVO: Levantar el proceso actual para el aparado del modelo de calzado Safety S-10					
CONDICIONES GENERALES					
Dentro del área existen 10 máquina funcionales las cuales pueden realizar el aparado de los cortes provenientes de destellado, es un proceso que requiere de gran concentración y habilidad con las extremidades superiores.					
TIEMPOS	PROCESO	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES		
			Materia Prima	Maquinaria o Instrumentos	Importancia
0.47 min		Receptar y preparar cortes	Cuero y Forro	-	
2.54 min	○ O-2	Amar cuellos y sixar sixar el talón izquierdo y derecho.	Cuero	Máquina de coser	
0.83 min	○ O-3	Coser eva eva y contrafuerte del talón.	Cuero	Máquina de coser	
0.82 min	○ O-4	Coser laterales	Cuero	Máquina de coser	
1.55 min	○ O-5	Pegar capellada con forro y lengüeta	Cuero y forro	Mesa de trabajo, brochas y premier	
0.65 min	○ O-6	Cerrado del conjunto	Cuero y Forro	Máquina de coser	
0.44 min	○ O-7	Ojalillado (De ser necesario)	Cuero	Ojalilladora	
-		Transporte a conformado	Capellada	Gabetas	
NOMENCLATURA:					
○ Operación	◐ Espera	▽ Almacenamiento	➡ Transporte	◻ Operación Combinada	
 Actividad innecesaria, no añade valor al producto.	 Actividad necesaria, no añade valor al producto.	 Actividad necesaria, añade valor al producto.	 Actividad necesaria, añade valor al producto.		


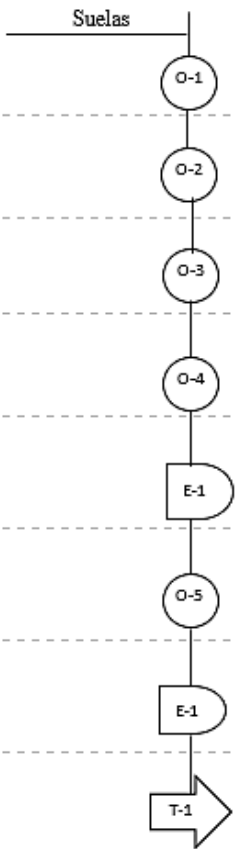

















Elaborado por: El investigador

Tabla 22 Diagrama sinóptico del área de Conformado de Talón

	Conformado de Talón		Código:	
			Fecha de Elaboración:	
			Última Aprobación:	
			Revisión:	
Elaborado por: César Fierro	Revisado por: Jorge Amaguaña	Aprobado por: Patricio Cherez		
OBJETIVO: Levantar el proceso actual para el conformado de talón del modelo de calzado Safety S-10				
CONDICIONES GENERALES				
Dentro del área existen 2 máquina funcionales las cuales pueden realizar el conformado de talón tanto en frío como en caliente, es un proceso que no requiere de gran concentración y habilidad con las extremidades superiores.				
TIEMPOS	PROCESO	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES	
			Recursos	Importancia
18.244 s		Recepción de los cortes aparados	Materia Prima	
			Cortes aparados	
22.774 s	0-2	Empastar el contrafuerte del talón	Contrafuerte	
47.661 s	0-3	Conformar el talón en frío y en caliente	Cortes aparados y contrafuerte	
16.91 s	0-4	Ubicar Cortes en los árboles	Cortes aparados y contrafuerte	
IMPORTANTE:				
El presente diagrama muestra el levantamiento del proceso actual de conformado de talón del calzado de seguridad industrial Safety S-10, lo que permitirá identificar actividades innecesarias que podrían ser eliminadas debido a que no aportan dentro del proceso productivo, generando pérdidas.				
NOMENCLATURA:				
				
Operación	Espera	Almacenamiento	Transporte	Operación Combinada
 Actividad innecesaria, no añade valor al producto.	 Actividad necesaria, no añade valor al producto.	 Actividad necesaria, añade valor al producto.	 Actividad necesaria, añade valor al producto.	
























Elaborado por: El investigador











Tabla 24 Diagrama sinóptico del área de Pulido de suelas

		Pulido de Suelas		Código:	
				Fecha de Elaboración:	
				Última Aprobación:	
				Revisión:	
Elaborado por: César Fierro		Revisado por: Jorge Amaguaña		Aprobado por: Patricio Cherrez	
OBJETIVO: Levantar el proceso actual para el pulido de suelas del modelo de calzado Safety S-10					
CONDICIONES GENERALES					
Dentro del área existen 2 máquina funcionales las cuales pueden realizar el pulido de las suelas del calzado, además, se unta la pega para su posterior montaje, es un proceso que no requiere de gran concentración y habilidad con las extremidades superiores.					
TIEMPOS	PROCESO	DESCRIPCION	RECURSOS		Importancia
			Materia Prima	Maquinaria o Instrumentos	
36.46 s		Recepción de la materia prima	Suela	-	
31.827 s		Pulir y limpiar la suela	Suela	Pulidora	
4.233 s		Sopletear la suela	Suela	Compresor	
15.561 s		Dar solvente, a la suela	Suela	Brochas	
15 min		Esperar que se seque el solvente	Suela	-	
13.23 s		Untar preimer y pega blanca	Suela	Brochas	
20 min		Esperar que se seque el preimer y la pega blanca	Suela	-	
18.886 s		Transportar a montaje	Suela	Brochas	
IMPORTANTE: El presente diagrama muestra el levantamiento del proceso actual de preparado de suelas del modelo de calzado de seguridad industrial Safety S-10, lo que permitirá identificar actividades innecesarias que podrian ser eliminadas debido a que no aportan dentro del proceso productivo, generando pérdidas.					
NOMENCLATURA:					
					
Operación	Espersa	Almacenamiento	Transporte	Operación Combinada	
					
Actividad innecesaria, no añade valor al producto.	Actividad necesaria, no añade valor al producto.	Actividad necesaria, añade valor al producto.	Actividad necesaria, añade valor al producto.		

Elaborado por: El investigador

Tabla 26 Diagrama Sinóptico del área de Montaje

	Montaje		Código:		
			Fecha de Elaboración:		
			Última Aprobación:		
			Revisión:		
Elaborado por: César Fierro		Revisado por: Jorge Amaguaña		Aprobado por: Patricio Cherez	
OBJETIVO: Levantar el proceso actual para el montaje del modelo de calzado Safety S-10					
CONDICIONES GENERALES					
Dentro del área existen varias máquinas funcionales las cuales en trabajo combina realizan el montaje del calzado, es un proceso que no requiere de gran concentración y habilidad con las extremidades superiores.					
TIEMPOS	PROCESO	DESCRIPCIÓN	RECURSOS		Importancia
			Materia Prima	Maquinaria o Instrumentos	
194.26 s	Suelas y Calzado 	Recepción del conjunto armado y suelas	Calzado	-	
27.67 s		Coser la horma con el sistema Strobel	Calzado	Máquina de coser	
132.96 s		Llevar al área de montaje	Calzado	-	
49.83 s		Reactivar el cuero	Calzado	Reactivadora de cuero	
21.82 s		Untar pega en la punta y colocar la punta de acero	Calzado	Brocha	
30.49 s		Armar la punta	Calzado	Armadora de puntas	
23.50 s		Pegado de recuño	Calzado	Brocha	
26.85 s		Precardar y rayar	Calzado	Cardadora y Esfero	
30.83 s		Cardar	Calzado	Cardadora	
22.01 s		Untar preimer en el contorno del calzado	Calzado	Brocha	
30.73 s		Untar pega en el contorno del calzado	Calzado	Brocha	

7.53 s		Colocar suelas y el calzado en la reactivadora de pega	Calzado y suelas	Reactivadora de Pega	
21.42 s		Acoplar manualmente la suela con el calzado	Calzado	-	
14.83 s		Presionar el calzado armado	Calzado	Presadora	
239.57 s		Colocar y retirar al calzado de la cámara de frío	Calzado	Cámara de frío	
4.58 s		Retirar la horma	Calzado	Compresor	

IMPORTANTE:


El presente diagrama muestra el levantamiento del proceso actual de montaje del calzado de seguridad industrial Safety S-10, lo que permitirá identificar actividades innecesarias que podrían ser eliminadas debido a que no aportan dentro del proceso productivo, generando pérdidas.

NOMENCLATURA:

 Operación	 Espera	 Almacenamiento	 Transporte	 Operación Combinada
 Actividad innecesaria, no añade valor al producto.	 Actividad necesaria, no añade valor al producto.	 Actividad necesaria, añade valor al producto.	 Actividad necesaria, añade valor al producto.	


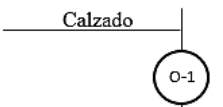
























Elaborado por: El investigador

Tabla 27 Diagrama Analítico del área de Montaje

	Montaje			Código:					
				Fecha de Elaboración:					
				Última Aprobación:					
				Revisión:					
Elaborado por: César Fierro		Revisado por: Jorge Amaguaña		Aprobado por: Patricio Cherrez					
OBJETIVO: Levantar la información del proceso actual del montaje del modelo de calzado Safety S-10									
CURSOGRAMA ANALÍTICO				Operario / Material / Equipo					
Diagrama no. 006				Resumen					
Producto: Suelas listas para ser pegadas				Actividad		Actual	Propuesto	Economía	
				Operación ○		15			
Actividad: Montaje de todo el calzado				Inspección □		0			
				Espera ◻		0			
Método: Actual / Propuesto				Transporte ⇨		1			
				Almacenamiento ▽		0			
Lugar: Área de Montaje				Distancia (m)					
				Tiempo (h.-hom.)					
				TOTAL					
DESCRIPCIÓN	Cantidad	Distancia	Tiempo (s)	Actividad					OBSERVACIONES
				○	□	◻	⇨	▽	
Recepción del conjunto armado y suelas								●	El material es retirado desde el área de conformado de talón y llevado a las máquinas de coser.
Coser la horma con el sistema Strobel				●					-
Llevar al área de montaje				●					Se lleva el calzados en gavetas hasta el área de montaje
Reactivar el cuero				●					Se en suaviza el cuero para que este se encuentre con mayor flexibilidad
Untar pega en la punta y colocar la punta de acero				●					-
Armar la punta				●					-
Pegado de recuño				●					Se pega el recuño en la zona del talón del calzado
Precardar y rayar				●					Se raya el contorno de la suela.
Cardar				●					Se carda lo anteriormente señalado
Untar preimer en el contorno del calzado				●					-
Untar pega en el contorno del calzado				●					-
Colocar suelas y el calzado en la reactivadora de pega				●					Se coloca al calzado a altas temperaturas para que la pega tenga mayor adhesión.
Acoplar manualmente la suela con el calzado				●					-
Prensar el calzado armado				●					-
Colocar y retirar al calzado de la cámara de frío				●					Se coloca al calzado en una cámara de frío para que las piezas queden totalmente pegadas
Retirar la horma				●					
				15	0	0	1	0	

Elaborado por: El investigador

Tabla 28 Diagrama Sinóptico del área de Terminado

		Terminado		Código:	
				Fecha de Elaboración:	
				Última Aprobación:	
				Revisión:	
Elaborado por: César Fierro		Revisado por: Jorge Amaguaña		Aprobado por: Patricio Cherrez	
OBJETIVO: Levantar el proceso actual para realizar los acabados del modelo de calzado Safety S-10					
CONDICIONES GENERALES					
Dentro del área existen un conjunto de máquinas que en trabajo combinado realizan todos los acabados e inspección de fallas en el calzado, es un proceso que no requiere de gran concentración y habilidad con las extremidades superiores.					
TIEMPOS	PROCESO	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES		
			Materia Prima	Maquinaria o Instrumentos	Importancia
17.33 s		Recepción de calzado	Calzado	-	
12.21 s		Poner Plantilla	Calzado	-	
13.96 s		Sacar la pega y/o pulido del contorno	Calzado	-	
8.77 s		Pasar la pintura y/o borrar líneas	Calzado	Crayón	
8.72 s		Quemar los hilos	Calzado	-	
6.98 s		Sopletear laca sobre el calzado	Calzado	Compresor	
29.52 s		Poner los cordones y enfundar	Calzado	Cordones y fundas	
17.48 s		Transportar a empaquetado	Calzado	Gavetas	
IMPORTANTE: El presente diagrama muestra el levantamiento del proceso actual de preparado de suelas del modelo de calzado de seguridad industrial Safety S-10, lo que permitirá identificar actividades innecesarias que podrían ser eliminadas debido a que no aportan dentro del proceso productivo, generando pérdidas.					
NOMENCLATURA:					
 Operación	 Espera	 Almacenamiento	 Transporte	 Operación Combinada	
 Actividad innecesaria, no añade valor al producto.	 Actividad necesaria, no añade valor al producto.	 Actividad necesaria, añade valor al producto.	 Actividad necesaria, añade valor al producto.		

Elaborado por: El investigador

4.3 Estudio de Tiempos

Levantar un estudio de tiempos es fundamental para el presente proyecto de investigación; ya que, mediante el desarrollo de este se puede definir el tiempo estándar de producción de componentes, sub ensambles y calzado terminado, que son caso de estudio; así como, tener los datos necesarios para desarrollar el programa de producción, análisis de capacidad y plan de requerimiento de materiales.

Para este caso de estudio se ha elegido el método vuelta a cero; es decir, después de leer el cronómetro en el punto final de cada elemento tomado el tiempo se reestablece a cero y cuando se realiza la siguiente medición parte desde cero.

Para entender como se ha de realizar el estudio de tiempos, se debe, tener claro conceptos, procedimiento fórmulas y tablas utilizadas para poder dar lugar a cada una de las tablas resultantes.

- **Ciclos de Estudio**

Para determinar el número de observaciones que deben efectuarse, se ha considerado utilizar los valores de la tabla 30 la cual ha sido tomada de Time Study Manual de los Eric Works de General Electric Company, la misma que, se basa en el tiempo total de ciclo para definir el número de observaciones.

Tabla 30 Número de ciclos a observar con el criterio General Electric [5].

Tiempo de ciclo (minutos)	Número recomendado de ciclos
0,10	200
0,25	100
0,50	60
0,75	40
1,00	30
2,00	20
2,00 - 5,00	25
5,00 - 10,00	10
10,00 - 20,00	8
20,00 - 40,00	5
40,00 o más	3

En base a la tabla anterior se toma 10 ciclos de observación para el estudio de tiempos, ya que la mayoría de los elementos de observación y cronometraje se cumple en un tiempo mayor a 5 minutos.

- **Valoración del Ritmo de Trabajo**

La valoración del ritmo de trabajo se utiliza para poder ajustar los tiempos observados a los esperados por el desempeño normal. Para evaluar el desempeño de los trabajadores se toma como referencia el ANEXO 1; el cual es el método de nivelación, mismo que toma en cuenta cuatro factores: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia, cabe hacer referencia que la valoración del ritmo de trabajo no es una ciencia exacta, ya que, siempre va estar sujeta al criterio propio del investigador, es por ello que parte de analistas de tiempos llegan a un mutuo acuerdo con los trabajadores, para ser valorados con el 100 % y no aumentar ni disminuir el tiempo observado, ya que, pueden ser afectados por la valoración cualitativa del investigador.

- **Tiempo Normal o Básico**

El tiempo normal básico es el resultado de la multiplicación entre el promedio de los 10 ciclos de observación y el índice de desempeño tal como se muestra en la ecuación 17:

$$TN = TOP * ID \quad (17)$$

DONDE:

TN = Tiempo Normal

TOP = Tiempo observado promedio

ID = Índice de desempeño

En este caso de estudio se ha preferido obtener dos tiempos normales uno que es el tiempo básico por ciclo, es decir, por calzado; y otro por lote mismo que contiene 25 pares de calzado o 50 unidades, esto se hace ya que existen algunas actividades que no se las realiza por ciclo sino más bien por lote.

- **Suplemento por descanso**

Una vez determinado el tiempo normal o básico se deben agregar suplementos para compensar la fatiga y demoras en el trabajo, y así, definir un estándar justo en la que un trabajador pueda cumplir su labor a un paso normal y constante. Para el cálculo de los suplementos se toma como referencia el ANEXO 2, el cual es un sistema de suplementos recomendados por ILO (*Internacional Labour Office*).

- **Tiempo Estándar**

El tiempo estándar es aquel tiempo en el cual un trabajador cumple con sus actividades de forma holgada y tomando en cuenta todas las adversidades que se le puedan presentar y se calcula mediante la fórmula matemática presentada en la ecuación 18.

$$TS = \frac{TN}{\left(1 - \frac{\sum \text{Suplementos}}{100}\right)} \quad (18)$$

DONDE:

TS = Tiempo Estándar

TN = Tiempo Normal


Al igual que en el tiempo normal el tiempo estándar se ha realizado uno por ciclo, es decir, por calzado; y otro por lote mismo que contiene 25 pares de calzado o 50 unidades, esto se hace ya que existen algunas actividades que no se las realiza por ciclo sino más bien por lote.

Cálculo del tiempo estándar por áreas para la fabricación de calzado

- **Área de Troquelado de Cuero**


Se presenta en la tabla 31 los tiempos observados y el tiempo normal del área de troquelado de cuero, además, la tabla 32 muestra el cálculo y resultado del tiempo estándar.

Tabla 31 Tiempo Normal área de Troquelado de Cuero

												Hoja de Resumen del Estudio de Tiempos			
Departamento:			Producción						Hora de Comienzo			9:00			
Operación:			Troquelado de Cueros						Hora de Término:			10:00			
Estudio N°:			1			Maquinaria:			Operario:			N.N			
Producto:									Observado Por:			César Fierro			
Proveedor:			Bodega						Revisado Por:			Ing. Jorge Amaguña			
Clientes			Destellado						Fecha:			04/05/2016			
N°	Descripción Elementos	Ciclos (s):										T.	Prom.	Id.	TN
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1	Recepción de materia Prima	18,63	26,36	19,6	36,4	28,2	23,5	19,5	21,4	31,5	24,4	249,5	24,95	0,84	20,9572
2	Buscar moldes según la talla	12,5	11,33	7,22	11,12	8,3	12,4	9,3	10,3	9,03	8,03	99,53	9,953	0,84	8,36052
3	Troquelar cuero según el molde	7,2	5,78	8,61	9	8,81	6,18	7,06	9,85	6,99	12,52	82	8,2	0,84	6,888
4	Colocar en gavetas	15	16,81	22,4	28,5	19,3	18,4	23,5	19,5	19,3	22,3	205	20,5	0,84	17,2208
5	Transporte a destellado	20,44	18,52	17,62	21,4	18,96	20,4	21,3	17,35	16,85	20,47	193,3	19,33	0,84	16,238
												TNC (s)		49,69	
												TNL (min)		42,31	
Nota: T=Total; Prom=Promedio; Id= Índice de desempeño; TNC= Tiempo Normal por calzado; TNL=Tiempo Normal por Lote; Tamaño de Lote= 50 unidades (25 pares)															

Elaborado por: El investigador

Tabla 32 Tiempo Estándar de Troquelado de Cuero


		Hoja del Cálculo del Tiempo Estándar		
Departamento:	Producción			
Operación:	Troquelado de Cueros			
Estudio N°:	1	Género del Operario:	H	M
Producto:		Realizado Por:	César Fierro	
Proveedor:	Bodega	Revisado Por:	Jorge Amaguaña	
Cientes	Destellado	Fecha:	04/05/2016	
Suplementos Contantes				Valor
	A.	Suplemento por Necesidades Personales		7
	B.	Suplementos base por fatiga		4
Suplementos Variables	A.	Suplemento por Trabajar de Pie		4
	B.	Suplemento por postura anormal		0
	C.	Uso de fuerza/energía muscular		2
	D.	Mala iluminación		0
	E.	Condiciones atmosféricas		0
	F.	Concentración Intensiva		0
	G.	Ruido		0
	H.	Tensión Mental		0
	I.	Monotonía		1
	J.	Tedio		1
			Total	19
			TNC (s)	49,69
			TNL (min)	42,31
			TSC (s)	61,34
			TSL (min)	52,24
Nota: TNC= Tiempo Normal por calzado; TNL=Tiempo Normal por Lote; TSC= Tiempo Estándar por calzado; TSL= Tiempo Estándar por Lote; Tamaño de Lote= 50 unidades (25 pares)				

Elaborado por: El investigador

- **Área de Troquelado de Forros**


Se presenta en la tabla 33 los tiempos observados y el tiempo normal del área de troquelado de forros, además, la tabla 34 muestra el cálculo y resultado del tiempo estándar.

Tabla 33 Tiempo Normal de Troquelado de Forros

												Hoja de Resumen del Estudio de Tiempos			
Departamento:			Producción						Hora de Comienzo			9:00			
Operación:			Troquelado de Cueros						Hora de Término:			10:00			
Estudio N°:			1	Maquinaria:						Operario:		N.N			
Producto:									Observado Por:			César Fierro			
Proveedor:			Bodega						Revisado Por:			Ing. Jorge Amaguña			
Clientes			Destellado						Fecha:			04/05/2016			
N°	Descripción Elementos	Ciclos:										T.	Prom.	Id.	TN
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1	Recepción de materia Prima	14,23	26,3	18,63	15,16	13,12	21,4	23,2	18,9	17,4	14,1	182,4	18,24	0,96	17,51
2	Buscar moldes según la talla	12,5	11,33	7,22	11,12	8,3	12,4	9,3	10,3	9,03	8,03	99,53	9,953	0,96	9,55
3	Troquelar el forro y complementos según el molde	12,61	11,44	14,24	12,11	12,75	12,06	17,15	11,74	9,4	13,57	127,1	12,71	0,96	12,20
4	Colocar en gavetas	34	47,88	165,7	14,81	28,4	31,2	25,6	38,2	30,4	31	447,2	44,72	0,96	42,93
5	Transporte a Etiquetado	17,46	18,52	17,62	21,4	18,96	20,4	21,3	17,35	16,85	20,47	190,3	19,03	0,96	18,27
												TNC (s)		58,35	
												TNL (min)		49,94	
Nota: T=Total; Prom=Promedio; Id= Índice de desempeño; TNC= Tiempo Normal por calzado; TNL=Tiempo Normal por Lote; Tamaño de Lote= 50 unidades (25 pares)															

Elaborado por: El investigador

Tabla 34 Tiempo Estándar de Troquelado de Forros


		Hoja del Cálculo del Tiempo Estándar		
Departamento:	Producción			
Operación:	Troquelado de Forros			
Estudio N°:	1	Género del Operario:	H	M
Producto:		Realizado Por:	César Fierro	
Proveedor:	Bodega	Revisado Por:	Jorge Amaguaña	
Cientes	Destellado	Fecha:	04/05/2016	
Suplementos Contantes	A.	Suplemento por Necesidades Personales	Valor	
	B.	Suplementos base por fatiga	7	
Suplementos Variables	A.	Suplemento por Trabajar de Pie	4	
	B.	Suplemento por postura anormal	0	
	C.	Uso de fuerza/energía muscular	2	
	D.	Mala iluminación	0	
	E.	Condiciones atmosféricas	0	
	F.	Concentración Intensiva	0	
	G.	Ruido	0	
	H.	Tensión Mental	0	
	I.	Monotonía	1	
	J.	Tedio	1	
			T.N.	19
			TNC (s)	58,35
			TNL (min)	49,94
			TSC (s)	72,04
			TSL (min)	61,65
Nota: TNC= Tiempo Normal por calzado; TNL=Tiempo Normal por Lote; TSC= Tiempo Estándar por calzado; TSL= Tiempo Estándar por Lote; Tamaño de Lote= 50 unidades (25 pares)				

Elaborado por: El investigador

- **Área de Destellado y Etiquetado**


Se presenta en la tabla 35 los tiempos observados y el tiempo normal del área de destellado y etiquetado, además, la tabla 36 muestra el cálculo y resultado del tiempo estándar.

Tabla 35 Tiempo Normal de Destellado y Etiquetado

		Hoja de Resumen del Estudio de Tiempos													
Departamento:		Producción								Hora de Comienzo		9:00			
Operación:		Destellado y etiquetado								Hora de Término:		10:00			
Estudio N°:		1	Maquinaria:							Operario:		N.N			
Producto:										Observado Por:		César Fierro			
Proveedor:		Bodega								Revisado Por:		Ing. Jorge Amaguña			
Clientes		Aparado								Fecha:		04/05/2016			
N°	Descripción Elementos	Ciclos:										T.	Prom	Id.	TN
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1	Recepción de los cortes provenientes del área de troquelado	14,2	26,3	18,6	15,2	13,1	21,4	23,2	18,9	17,4	14,1	182	18,2	1,03	18,79
2	Destellar cortes	3,11	2,65	4,01	3,92	3,14	3,14	3,96	4,26	4,42	4,18	36,8	3,68	1,03	3,79
3	Pintar los cantos de la capellada y talón	34	22,3	25,5	15,1	22,5	18,9	17,3	15,9	16,3	19,4	207	20,7	1,03	21,34
4	Etiquetado	8,98	7,91	7,93	8,82	8,59	9,68	7,99	7,5	10,4	8,77	86,6	8,66	0,95	8,23
5	Ubicar en gavetas	12,1	15,6	10,3	12,6	19	12,4	14,3	12,3	14,5	16,3	139	13,9	0,95	13,24
												TNC (s)		30,96	
												TNL (min)		26,7	
Nota: T=Total; Prom=Promedio; Id= Índice de desempeño; TNC= Tiempo Normal por calzado; TNL=Tiempo Normal por Lote; Tamaño de Lote= 50 unidades (25 pares)															

Elaborado por: El investigador

Tabla 36 Tiempo Estándar de Destellado y Etiquetado


		Hoja del Cálculo del Tiempo Estándar		
Departamento:	Producción			
Operación:	Destellado y Etiquetado			
Estudio N°:	1	Género del Operario:	H	M
Producto:		Realizado Por:	César Fierro	
Proveedor:	Troquelado de Cuero	Revisado Por:	Jorge Amaguaña	
Clientes	Aparado	Fecha:	04/05/2016	
Suplementos Contantes			Valor	
	A.	Suplemento por Necesidades Personales		7
	B.	Suplementos base por fatiga		4
Suplementos Variables	A.	Suplemento por Trabajar de Pie		0
	B.	Suplemento por postura anormal		0
	C.	Uso de fuerza/energía muscular		0
	D.	Mala iluminación		0
	E.	Condiciones atmosféricas		0
	F.	Concentración Intensiva		0
	G.	Ruido		0
	H.	Tensión Mental		0
	I.	Monotonía		1
	J.	Tedio		1
			T.N.	13
			TNC (s)	30,96
			TNL (min)	26,69
			TSC (s)	35,59
			TSL (min)	30,68
Nota: TNC= Tiempo Normal por calzado; TNL=Tiempo Normal por Lote; TSC= Tiempo Estándar por calzado; TSL= Tiempo Estándar por Lote; Tamaño de Lote= 50 unidades (25 pares)				

Elaborado por: El investigador

- **Área de Aparado**


Se presenta en la tabla 37 los tiempos observados y el tiempo normal del área de aparato, además, la tabla 38 muestra el cálculo y resultado del tiempo estándar.

Tabla 37 Tiempo Normal de Aparado

		Hoja de Resumen del Estudio de Tiempos													
Departamento:		Producción								Hora de Comienzo:		9:00			
Operación:		Aparado								Hora de Término:		10:00			
Estudio N°:		1		Maquinaria:				Operario:				N.N			
Producto:										Observado Por:		César Fierro			
Proveedor:		Destellado								Revisado Por:		Ing. Jorge Amaguña			
Clientes		Conformado								Fecha:		04/05/2016			
N°	Descripción Elementos	Ciclos (min):										T.	Prom	Id.	TN
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1	Receptar y preparar cortes	0,56	0,68	0,69	0,51	0,63	0,6	0,59	0,67	0,54	0,51	5,98	0,6	0,95	0,57
2	Armar cuellos y sixar el talón izquierdo y derecho	2,79	2,72	2,6	2,85	3	2,94	3,05	2,93	2,64	2,75	28,3	2,83	0,9	2,54
3	Coser eva y contrafuerte del talón	0,87	0,88	0,84	0,91	1	0,8	0,87	0,9	0,82	0,91	8,8	0,88	0,95	0,84
4	Coser laterales	0,86	0,89	0,9	0,94	0,97	0,99	0,83	0,96	0,8	0,8	8,94	0,89	1	0,89
5	Pegar capellada con forro y lengüeta	1,97	1,9	1,86	1,82	1,89	1,86	1,87	1,75	1,98	1,76	18,7	1,87	1	1,87
6	Cerrado de conjunto	0,71	0,72	0,7	0,71	0,72	0,72	0,69	0,75	0,77	0,79	7,28	0,73	0,95	0,69
7	Ojalillado	0,51	0,51	0,46	0,59	0,53	0,48	0,47	0,51	0,46	0,58	5,1	0,51	1	0,51
8	Transporte a conformado	2,07	1,94	1,99	1,85	2	1,85	1,98	1,96	1,99	2,08	19,7	1,97	1	1,97
												TNC (min)		7,34	
												TNL (min)		369,63	
Nota: T=Total; Prom=Promedio; Id= Índice de desempeño; TNC= Tiempo Normal por calzado; TNL=Tiempo Normal por Lote; Tamaño de Lote= 50 unidades (25 pares)															

Elaborado por: El investigador

Tabla 38 Tiempo Estándar de Aparado


		Hoja del Cálculo del Tiempo Estándar		
Departamento:	Producción			
Operación:	Destellado y Etiquetado			
Estudio N°:	1	Género del Operario:	H	M
Producto:		Realizado Por:	César Fierro	
Proveedor:	Destellado	Revisado Por:	Jorge Amaguaña	
Clientes	Conformado	Fecha:	04/05/2016	
Suplementos Contantes	A.	Suplemento por Necesidades Personales	Valor	
	B.	Suplementos base por fatiga	5	
Suplementos Variables	A.	Suplemento por Trabajar de Pie	4	
	B.	Suplemento por postura anormal	0	
	C.	Uso de fuerza/energía muscular	2	
	D.	Mala iluminación	0	
	E.	Condiciones atmosféricas	0	
	F.	Concentración Intensiva	0	
	G.	Ruido	2	
	H.	Tensión Mental	0	
	I.	Monotonía	0	
	J.	Tedio	0	
			T.N.	13
			TNC (min)	7,34
			TNL (min)	369,63
			TSC (min)	8,44
			TSL (min)	424,87
Nota: TNC= Tiempo Normal por calzado; TNL=Tiempo Normal por Lote; TSC= Tiempo Estándar por calzado; TSL= Tiempo Estándar por Lote; Tamaño de Lote= 50 unidades (25 pares)				

Elaborado por: El investigador

- **Área de Conformado de Talón**


Se presenta en la tabla 39 los tiempos observados y el tiempo normal del área de conformado de talón, además, la tabla 40 muestra el cálculo y resultado del tiempo estándar.

Tabla 39 Tiempo Normal de Conformado

		Hoja de Resumen del Estudio de Tiempos													
Departamento:		Producción								Hora de Comienzo		9:00			
Operación:		Conformado de Talón								Hora de Término:		10:00			
Estudio N°:		1		Maquinaria:				Operario:				N.N			
Producto:										Observado Por:		César Fierro			
Proveedor:		Aparado								Revisado Por:		Ing. Jorge Amaguña			
Clientes		Montaje								Fecha:		04/05/2016			
N°	Descripción Elementos	Ciclos:										T.	Prom	Id.	TN
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1	Recepción de materia Prima	14,2	26,3	18,6	15,2	13,1	21,4	23,2	18,9	17,4	14,1	182	18,2	1	18,24
2	Empastar contrafuerte con el talón	25,6	26,2	25,3	17,7	21,1	20,7	25,3	17,4	23,1	25,1	227	22,7	1	22,74
3	Conformado en frío y Caliente	47,6	50,3	34,7	52,4	36,6	48,4	37,7	54,8	57,3	54,9	475	47,5	1	47,46
4	Ubicar cortes en los árboles	15,3	16,4	18,3	16,3	14,2	19,3	14,5	16,3	17,2	21,3	169	16,9	1	16,91
												TNC (s)		70,21	
												TNL (min)		59,09	
Nota: T=Total; Prom=Promedio; Id= Índice de desempeño; TNC= Tiempo Normal por calzado; TNL=Tiempo Normal por Lote; Tamaño de Lote= 50 unidades (25 pares)															

Elaborado por: El investigador

Tabla 40 Tiempo Estándar de Conformado


		Hoja del Cálculo del Tiempo Estándar		
Departamento:	Producción			
Operación:	Conformado de talón			
Estudio N°:	1	Género del Operario:	H	M
Producto:		Realizado Por:	César Fierro	
Proveedor:	Aparado	Revisado Por:	Jorge Amaguaña	
Cientes	Montaje	Fecha:	04/05/2016	
Suplementos Contantes				Valor
	A.	Suplemento por Necesidades Personales		5
	B.	Suplementos base por fatiga		4
Suplementos Variables	A.	Suplemento por Trabajar de Pie		2
	B.	Suplemento por postura anormal		0
	C.	Uso de fuerza/energía muscular		0
	D.	Mala iluminación		0
	E.	Condiciones atmosféricas		0
	F.	Concentración Intensiva		0
	G.	Ruido		0
	H.	Tensión Mental		0
	I.	Monotonía		1
	J.	Tedio		0
			T.N.	12
			TNC (s)	70,21
			TNL (min)	59,09
			TSC (s)	79,78
			TSL (min)	67,15
Nota: TNC= Tiempo Normal por calzado; TNL=Tiempo Normal por Lote; TSC= Tiempo Estándar por calzado; TSL= Tiempo Estándar por Lote; Tamaño de Lote= 50 unidades (25 pares)				

Elaborado por: El investigador

- **Área de Pulido de Suelas**


Se presenta en la tabla 41 los tiempos observados y el tiempo normal del área de pulido de suelas, además, las tablas 42 y 43 muestra el cálculo y resultado del tiempo estándar.

Tabla 41 Tiempo Normal de Pulido de Suelas

		Hoja de Resumen del Estudio de Tiempos															
Departamento:		Producción										Hora de Comienzo		9:00			
Operación:		Pulido de Plantas										Hora de Término:		10:00			
Estudio N°:		1		Maquinaria:						Operario:		N.N					
Producto:												Observado Por:		César Fierro			
Proveedor:		Bodega										Revisado Por:		Ing. Jorge Amaguaña			
Clientes		Montaje										Fecha:		04/05/2016			
N°	Descripción Elementos	Ciclos:										T.	Prom.	Id.	TN		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
1	Recepción de materia Prima	40,3	25,4	38,5	30,4	40,3	34,3	29,7	38,5	45,3	38,9	361	36,1	1	36,14		
2	Pulir y limpiar la suela	33,8	30,1	28,1	28,3	27,5	30,6	29,2	38,8	35,8	36,2	318	31,8	1	31,83		
3	Sopletear la suela	4,61	2,69	4,14	3,82	3,7	4,58	5,18	3,33	5,14	5,14	42,3	4,23	0,92	3,89		
4	Dar solvente a la suela	15,7	14,1	15,9	14,9	12,5	17,8	14,4	18,4	14	18,1	156	15,6	0,83	12,92		
5	Untar preimer y pega blanca	17,8	14,6	15,3	17,5	18,4	14,2	15,5	13,3	19	15,6	161	16,1	0,83	13,37		
6	Transporte a Montaje	20,7	26,3	18,6	15,2	13,1	21,4	23,2	18,9	17,4	14,1	189	18,9	0,83	15,68		
											TNC (s)		139,70				
											TNL (min)		58,81				
Nota: T=Total; Prom=Promedio; Id= Índice de desempeño; TNC= Tiempo Normal por calzado; TNL=Tiempo Normal por Lote; Tamaño de Lote= 50 unidades (25 pares)																	


Elaborado por: El investigador

Tabla 42 Tiempo Estándar de Pulido de Suela

		Hoja del Cálculo del Tiempo Estándar	
Departamento:	Producción		
Operación:	Preparación de Suela/Pulido de Suela		
Estudio N°:	1	Género del Operario:	H M
Producto:		Realizado Por:	César Fierro
Proveedor:	Bodega	Revisado Por:	Jorge Amaguaña
Clientes	Montaje	Fecha:	04/05/2016
Suplementos Contantes	A.	Suplemento por Necesidades Personales	5
	B.	Suplementos base por fatiga	4
Suplementos Variables	A.	Suplemento por Trabajar de Pie	2
	B.	Suplemento por postura anormal	0
	C.	Uso de fuerza/energía muscular	0
	D.	Mala iluminación	0
	E.	Condiciones atmosféricas	0
	F.	Concentración Intensiva	0
	G.	Ruido	2
	H.	Tensión Mental	0
	I.	Monotonía	1
	J.	Tedio	0
		T.N.	14
		TNC (s)	35,72
		TNL (min)	30,37
		TSC (s)	41,54
		TSL (min)	35,31
Nota: TNC= Tiempo Normal por calzado; TNL=Tiempo Normal por Lote; TSC= Tiempo Estándar por calzado; TSL= Tiempo Estándar por Lote; Tamaño de Lote= 50 unidades (25 pares)			

Elaborado por: El investigador

Tabla 43 Tiempo Estándar de Untar Pegamento


		Hoja del Cálculo del Tiempo Estándar		
Departamento:	Producción			
Operación:	Preparación de Suela/Untar pegante			
Estudio N°:	1	Género del Operario:	H	M
Producto:		Realizado Por:	César Fierro	
Proveedor:	Bodega	Revisado Por:	Jorge Amaguaña	
Clientes	Montaje	Fecha:	04/05/2016	
Suplementos Contantes	A.	Suplemento por Necesidades Personales	Valor	
	B.	Suplementos base por fatiga	7	
			4	
Suplementos Variables	A.	Suplemento por Trabajar de Pie	0	
	B.	Suplemento por postura anormal	0	
	C.	Uso de fuerza/energía muscular	0	
	D.	Mala iluminación	0	
	E.	Condiciones atmosféricas	0	
	F.	Concentración Intensiva	0	
	G.	Ruido	0	
	H.	Tensión Mental	0	
	I.	Monotonía	0	
	J.	Tedio	0	
			T.N.	11
			TNC (s)	68,26
			TNL (min)	28,44
			TSC (s)	76,69
			TSL (min)	31,96
Nota: TNC= Tiempo Normal por calzado; TNL=Tiempo Normal por Lote; TSC= Tiempo Estándar por calzado; TSL= Tiempo Estándar por Lote; Tamaño de Lote= 50 unidades (25 pares)				

Elaborado por: El investigador

- **Área de Montaje**


Se presenta en la tabla 44 los tiempos observados y el tiempo normal del área de montaje, además, en las tablas de la 44 a 52 muestra el cálculo y resultado del tiempo estándar.

Tabla 44 Tiempo Normal de Montaje

		Hoja de Resumen del Estudio de Tiempos													
Departamento:		Producción										Hora de Comienzo		9:00	
Operación:		Montaje										Hora de Término:		10:00	
Estudio N°:		1	Maquinaria:								Operario:		N.N		
Producto:												Observado Por:		César Fierro	
Proveedor:		Conformado										Revisado Por:		Ing. Jorge Amaguña	
Clientes		Terminado										Fecha:		04/05/2016	
N°	Descripción Elementos	Ciclos:										T.	Prom.	Id.	TN
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1	Recepción de la Materia Prima	183,65	152,6	145,3	190,7	188,5	245,1	180,2	190,5	178,3	195,3	1850	185	1,05	194,27
2	Coser la Horma con el sistema Strobel	25,65	25,65	28,11	25,59	26,69	26,7	25,51	29,25	23,68	26,75	263,6	26,36	1,05	27,68
3	Llevar al área de montaje	123,52	154,6	125,5	138,3	124,4	118,2	112,2	132,5	117,3	119,9	1266	126,6	1,05	132,96
4	Reactivar el cuero	47,57	50,34	34,74	52,39	36,6	48,37	37,65	54,79	57,3	54,86	474,6	47,46	1,05	49,83
5	Untar pega en la punta y poner la punta de acero	20	21,02	21,49	19,78	24,27	18,25	16,3	20,81	23,81	22,15	207,9	20,79	1,05	21,83
6	Armar la punta	22,88	23,8	25,03	34,75	26,81	32,19	35,68	28,62	34,89	25,8	290,5	29,05	1,05	30,50
7	Pegado de recuño	22,5	21,42	22,18	22,83	22,41	25,9	22,13	21,25	23,43	24,12	228,2	22,82	1,03	23,50
8	Precardado y rayado	20,61	27,51	24,6	30,96	30,33	25,8	25,23	25,78	23,72	36,73	271,3	27,13	0,99	26,86
9	Cardado	32,19	30,53	33,54	29,32	31,83	32,82	37,41	30,54	33,1	33,26	324,5	32,45	0,95	30,83
10	Untar premier en el contorno del calzado	22,63	20,6	22,1	22,51	19,97	21,87	16,22	23,54	20,57	19,62	209,6	20,96	1,05	22,01
11	Untar pega en el contorno del calzado	31	30,58	29,96	32,69	32,68	25,67	26,84	30,89	22,26	30,12	292,7	29,27	1,05	30,73
12	Colocar las suelas y el calzado en la reactivadora de pega	9,63	9,54	10,85	8,34	9,29	9,78	5,73	7,15	8,13	9,12	87,56	8,756	0,86	7,53
13	Acoplar manualmente la suela con el calzado	17,13	24,81	20,01	19,33	19,93	32,51	30,5	26,11	13,54	19,35	223,2	22,32	0,96	21,43
14	Prensar el conjunto armado	14,08	16	14,61	15,01	15,23	15,93	14,61	14,41	14,77	13,7	148,4	14,84	1	14,84
15	Colocar y retirar de la cámara de frío	238,29	240,7	241,7	245,8	238,3	267,9	220,5	240,6	241,6	220,6	2396	239,6	1	239,58
16	Retirar la horma	5,52	5,54	4,72	5,49	5,74	5,45	5,82	4,89	5,36	7,96	56,49	5,649	0,86	4,86
												TNC (s)		18,27	
												TNL (min)		466,31	
Nota: T=Total; Prom=Promedio; Id= Índice de desempeño; TNC= Tiempo Normal por calzado; TNL=Tiempo Normal por Lote; Tamaño de Lote= 50 unidades (25 pares)															


Elaborado por: El investigador

Tabla 45 Tiempo Estándar de Montaje/Cosido con Strobel

		Hoja del Cálculo del Tiempo Estándar		
Departamento:	Producción			
Operación:	Montaje/Coser con el sistema Strobel			
Estudio N°:	1	Género del Operario:	H	M
Producto:		Realizado Por:	César Fierro	
Proveedor:	Conformado/Pulido	Revisado Por:	Jorge Amaguaña	
Cientes	Terminado	Fecha:	04/05/2016	
Suplementos Contantes	A.	Suplemento por Necesidades Personales	7	
	B.	Suplementos base por fatiga	4	
Suplementos Variables	A.	Suplemento por Trabajar de Pie	0	
	B.	Suplemento por postura anormal	0	
	C.	Uso de fuerza/energía muscular	0	
	D.	Mala iluminación	0	
	E.	Condiciones atmosféricas	0	
	F.	Concentración Intensiva	2	
	G.	Ruido	0	
	H.	Tensión Mental	0	
	I.	Monotonía	0	
	J.	Tedio	0	
		T.N.	13	
		TNC (s)	27,68	
		TNL (min)	28,52	
		TSC (s)	31,81	
		TSL (min)	32,78	
Nota: TNC= Tiempo Normal por calzado; TNL=Tiempo Normal por Lote; TSC= Tiempo Estándar por calzado; TSL= Tiempo Estándar por Lote; Tamaño de Lote= 50 unidades (25 pares)				


Elaborado por: El investigador

Tabla 46 Tiempo Estándar de Montaje/Armado de punta

		Hoja del Cálculo del Tiempo Estándar	
Departamento:	Producción		
Operación:	Montaje/Armado de Punta de Acero		
Estudio N°:	1	Género del Operario:	H M
Producto:		Realizado Por:	César Fierro
Proveedor:	Conformado de	Revisado Por:	Jorge Amaguaña
Cientes	Terminado	Fecha:	04/05/2016
Suplementos Contantes			Valor
	A.	Suplemento por Necesidades Personales	5
	B.	Suplementos base por fatiga	4
Suplementos Variables	A.	Suplemento por Trabajar de Pie	2
	B.	Suplemento por postura anormal	0
	C.	Uso de fuerza/energía muscular	0
	D.	Mala iluminación	0
	E.	Condiciones atmosféricas	0
	F.	Concentración Intensiva	2
	G.	Ruido	0
	H.	Tensión Mental	1
	I.	Monotonía	0
	J.	Tedio	0
		T.N.	14
		TNC (s)	30,50
		TNL (min)	25,41
		TSC (s)	35,46
		TSL (min)	29,55
Nota: TNC= Tiempo Normal por calzado; TNL=Tiempo Normal por Lote; TSC= Tiempo Estándar por calzado; TSL= Tiempo Estándar por Lote; Tamaño de Lote= 50 unidades (25 pares)			


Elaborado por: El investigador

Tabla 47 Tiempo Estándar de Montaje/Pegado de Repuño

		Hoja del Cálculo del Tiempo Estándar	
Departamento:	Producción		
Operación:	Montaje/Pegado de Repuño		
Estudio N°:	1	Género del Operario:	H M
Producto:		Realizado Por:	César Fierro
Proveedor:	Conformado de	Revisado Por:	Jorge Amaguaña
Cientes	Terminado	Fecha:	04/05/2016
Suplementos Contantes	A.	Suplemento por Necesidades Personales	5
	B.	Suplementos base por fatiga	4
Suplementos Variables	A.	Suplemento por Trabajar de Pie	2
	B.	Suplemento por postura anormal	0
	C.	Uso de fuerza/energía muscular	0
	D.	Mala iluminación	0
	E.	Condiciones atmosféricas	0
	F.	Concentración Intensiva	2
	G.	Ruido	0
	H.	Tensión Mental	0
	I.	Monotonía	1
	J.	Tedio	0
		T.N.	14
		TNC (s)	23,50
		TNL (min)	19,58
		TSC (s)	27,33
		TSL (min)	22,77
Nota: TNC= Tiempo Normal por calzado; TNL=Tiempo Normal por Lote; TSC= Tiempo Estándar por calzado; TSL= Tiempo Estándar por Lote; Tamaño de Lote= 50 unidades (25 pares)			


Elaborado por: El investigador

Tabla 48 Tiempo Estándar de Montaje/Pre Cardado y Rayado

		Hoja del Cálculo del Tiempo Estándar		
Departamento:	Producción			
Operación:	Montaje/Pre cardado y Rayado			
Estudio N°:	1	Género del Operario:	H	M
Producto:		Realizado Por:	César Fierro	
Proveedor:	Conformado de	Revisado Por:	Jorge Amaguaña	
Cientes	Terminado	Fecha:	04/05/2016	
Suplementos Contantes	A.	Suplemento por Necesidades Personales	5	
	B.	Suplementos base por fatiga	4	
			Valor	
Suplementos Variables	A.	Suplemento por Trabajar de Pie	0	
	B.	Suplemento por postura anormal	0	
	C.	Uso de fuerza/energía muscular	0	
	D.	Mala iluminación	0	
	E.	Condiciones atmosféricas	0	
	F.	Concentración Intensiva	2	
	G.	Ruido	0	
	H.	Tensión Mental	1	
	I.	Monotonía	1	
	J.	Tedio	0	
		T.N.	13	
		TNC (s)	26,86	
		TNL (min)	22,38	
		TSC (s)	30,87	
		TSL (min)	25,72	
Nota: TNC= Tiempo Normal por calzado; TNL=Tiempo Normal por Lote; TSC= Tiempo Estándar por calzado; TSL= Tiempo Estándar por Lote; Tamaño de Lote= 50 unidades (25 pares)				


Elaborado por: El investigador

Tabla 49 Tiempo Estándar de Montaje/Cardado

		Hoja del Cálculo del Tiempo Estándar	
Departamento:	Producción		
Operación:	Montaje/Cardado		
Estudio N°:	1	Género del Operario:	H M
Producto:		Realizado Por:	César Fierro
Proveedor:	Conformado de	Revisado Por:	Jorge Amaguaña
Cientes	Terminado	Fecha:	04/05/2016
Suplementos Contantes	A.	Suplemento por Necesidades Personales	5
	B.	Suplementos base por fatiga	4
Suplementos Variables	A.	Suplemento por Trabajar de Pie	2
	B.	Suplemento por postura anormal	0
	C.	Uso de fuerza/energía muscular	0
	D.	Mala iluminación	0
	E.	Condiciones atmosféricas	0
	F.	Concentración Intensiva	0
	G.	Ruido	0
	H.	Tensión Mental	0
	I.	Monotonía	1
	J.	Tedio	0
		T.N.	12
		TNC (s)	30,83
		TNL (min)	25,69
		TSC (s)	35,04
		TSL (min)	29,20
Nota: TNC= Tiempo Normal por calzado; TNL=Tiempo Normal por Lote; TSC= Tiempo Estándar por calzado; TSL= Tiempo Estándar por Lote; Tamaño de Lote= 50 unidades (25 pares)			


Elaborado por: El investigador

Tabla 50 Tiempo Estándar de Montaje/Pegado

		Hoja del Cálculo del Tiempo Estándar		
Departamento:	Producción			
Operación:	Montaje/Untar Pega			
Estudio N°:	1	Género del Operario:	H	M
Producto:		Realizado Por:	César Fierro	
Proveedor:	Conformado de	Revisado Por:	Jorge Amaguaña	
Cientes	Terminado	Fecha:	04/05/2016	
Suplementos Contantes			Valor	
	A.	Suplemento por Necesidades Personales		5
	B.	Suplementos base por fatiga		4
Suplementos Variables	A.	Suplemento por Trabajar de Pie		2
	B.	Suplemento por postura anormal		0
	C.	Uso de fuerza/energía muscular		0
	D.	Mala iluminación		0
	E.	Condiciones atmosféricas		0
	F.	Concentración Intensiva		0
	G.	Ruido		0
	H.	Tensión Mental		0
	I.	Monotonía		1
	J.	Tedio		2
			T.N.	14
			TNC (s)	30,73
			TNL (min)	25,61
			TSC (s)	35,74
			TSL (min)	29,78
Nota: TNC= Tiempo Normal por calzado; TNL=Tiempo Normal por Lote; TSC= Tiempo Estándar por calzado; TSL= Tiempo Estándar por Lote; Tamaño de Lote= 50 unidades (25 pares)				


Elaborado por: El investigador

Tabla 4.51 Tiempo Estándar de Montaje/Reactivado de pega y Prensado

		Hoja del Cálculo del Tiempo Estándar		
Departamento:	Producción			
Operación:	Montaje/Reactivadora de Pega y Prensado			
Estudio N°:	1	Género del Operario:	H	M
Producto:		Realizado Por:	César Fierro	
Proveedor:	Conformado de	Revisado Por:	Jorge Amaguaña	
Cientes	Terminado	Fecha:	04/05/2016	
Suplementos Contantes			Valor	
	A.	Suplemento por Necesidades Personales		5
	B.	Suplementos base por fatiga		4
Suplementos Variables	A.	Suplemento por Trabajar de Pie		2
	B.	Suplemento por postura anormal		0
	C.	Uso de fuerza/energía muscular		1
	D.	Mala iluminación		0
	E.	Condiciones atmosféricas		0
	F.	Concentración Intensiva		0
	G.	Ruido		0
	H.	Tensión Mental		0
	I.	Monotonía		1
	J.	Tedio		0
			T.N.	13
			TNC (s)	50,39
			TNL (min)	21,00
			TSC (s)	57,92
			TSL (min)	24,13
Nota: TNC= Tiempo Normal por calzado; TNL=Tiempo Normal por Lote; TSC= Tiempo Estándar por calzado; TSL= Tiempo Estándar por Lote; Tamaño de Lote= 50 unidades (25 pares)				

Elaborado por: El investigador

Tabla 52 Tiempo Estándar de Montaje/Retirado de Horma


		Hoja del Cálculo del Tiempo Estándar		
Departamento:	Producción			
Operación:	Montaje/Retirar la Horma			
Estudio N°:	1	Género del Operario:	H	M
Producto:		Realizado Por:	César Fierro	
Proveedor:	Conformado de	Revisado Por:	Jorge Amaguaña	
Cientes	Terminado	Fecha:	04/05/2016	
Suplementos Contantes	A.	Suplemento por Necesidades Personales	Valor	
	B.	Suplementos base por fatiga	5	
Suplementos Variables	A.	Suplemento por Trabajar de Pie	4	
	B.	Suplemento por postura anormal	2	
	C.	Uso de fuerza/energía muscular	0	
	D.	Mala iluminación	1	
	E.	Condiciones atmosféricas	0	
	F.	Concentración Intensiva	0	
	G.	Ruido	0	
	H.	Tensión Mental	0	
	I.	Monotonía	1	
	J.	Tedio	0	
			T.N.	13
			TNC (s)	9,65
			TNL (min)	8,04
			TSC (s)	11,09
			TSL (min)	9,24
Nota: TNC= Tiempo Normal por calzado; TNL=Tiempo Normal por Lote; TSC= Tiempo Estándar por calzado; TSL= Tiempo Estándar por Lote; Tamaño de Lote= 50 unidades (25 pares)				

Elaborado por: El investigador

- **Área de Terminado**


Se presenta en la tabla 53 los tiempos observados y el tiempo normal del área de terminado, además, las tablas 54 y 55 muestra el cálculo y resultado del tiempo estándar

Tabla 53 Tiempo Normal de Terminado

		Hoja de Resumen del Estudio de Tiempos													
Departamento:		Producción						Hora de Comienzo		9:00					
Operación:		Terminado						Hora de Término:		10:00					
Estudio N°:		1	Maquinaria:				Operario:				N.N				
Producto:								Observado Por:		César Fierro					
Proveedor:		Montaje						Revisado Por:		Ing. Jorge Amaguaña					
Clientes		Empaque						Fecha:		04/05/2016					
N°	Descripción Elementos	Ciclos:										T.	Prom.	Id.	TN
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1	Recepción del Calzado	14,2	26,3	18,6	15,2	13,1	21,4	23,2	18,9	17,4	14,1	182	18,2	0,95	17,33
2	Poner la plantilla	11,2	13,4	12,7	11	12,8	13,6	15	12,8	13,9	12,1	129	12,9	0,95	12,22
3	Sacar la pega o pulido del contorno	12,6	13,6	15,3	17	13	16,5	13,8	14,9	12,6	17,7	147	14,7	0,95	13,96
4	Pasar la pintura o borrar las líneas	12,2	10,7	6,88	5,76	8,36	11,1	8,85	7,51	10,3	10,8	92,4	9,24	0,95	8,77
5	Quemar los hilos	8,24	8,83	9,31	10,7	10,4	9,83	7,12	8,14	9,12	10,1	91,9	9,19	0,95	8,73
6	Sopletear Laca sobre el calzado	6,81	5,45	7,24	6,3	6,27	6,22	5,64	7,86	6,21	6,7	64,7	6,47	1,08	6,99
7	Poner Cordones y Enfundado	26,6	31,1	24,7	27,1	26,1	26,5	29,1	25,5	27,6	29	273	27,3	1,08	29,52
											TNC (s)		130,86		
											TNL (min)		54,81		
Nota: T=Total; Prom=Promedio; Id= Índice de desempeño; TNC= Tiempo Normal por calzado; TNL=Tiempo Normal por Lote; Tamaño de Lote= 50 unidades (25 pares)															


Elaborado por: El investigador

Tabla 54 Tiempo Estándar de Terminado/Operario 1

		Hoja del Cálculo del Tiempo Estándar		
Departamento:	Producción			
Operación:	Terminado 1			
Estudio N°:	1	Género del Operario:	H	M
Producto:		Realizado Por:	César Fierro	
Proveedor:	Montaje	Revisado Por:	Jorge Amaguaña	
Clientes	Empaque	Fecha:	04/05/2016	
Suplementos Contantes	A.	Suplemento por Necesidades Personales	7	
	B.	Suplementos base por fatiga	4	
Suplementos Variables	A.	Suplemento por Trabajar de Pie	4	
	B.	Suplemento por postura anormal	0	
	C.	Uso de fuerza/energía muscular	0	
	D.	Mala iluminación	0	
	E.	Condiciones atmosféricas	0	
	F.	Concentración Intensiva	0	
	G.	Ruido	0	
	H.	Tensión Mental	0	
	I.	Monotonía	1	
	J.	Tedío	0	
			T.N.	16
			TNC (s)	43,68
			TNL (min)	36,69
			TSC (s)	52,00
			TSL (min)	43,68
<p>Nota: TNC= Tiempo Normal por calzado; TNL=Tiempo Normal por Lote; TSC= Tiempo Estándar por calzado; TSL= Tiempo Estándar por Lote; Tamaño de Lote= 50 unidades (25 pares)</p>				

Elaborado por: El investigador

Tabla 55 Tiempo Estándar de Terminado/Operario 2

		Hoja del Cálculo del Tiempo Estándar		
Departamento:	Producción			
Operación:	Terminado 2			
Estudio N°:	1	Género del Operario:	H	M
Producto:		Realizado Por:	César Fierro	
Proveedor:	Bodega	Revisado Por:	Jorge Amaguaña	
Cientes	Empaque	Fecha:	04/05/2016	
Suplementos Contantes				Valor
	A.	Suplemento por Necesidades Personales		7
	B.	Suplementos base por fatiga		4
Suplementos Variables	A.	Suplemento por Trabajar de Pie		4
	B.	Suplemento por postura anormal		0
	C.	Uso de fuerza/energía muscular		0
	D.	Mala iluminación		0
	E.	Condiciones atmosféricas		0
	F.	Concentración Intensiva		0
	G.	Ruido		0
	H.	Tensión Mental		0
	I.	Monotonía		1
	J.	Tedio		0
			T.N.	16
			TNC (s)	43,49
			TNL (min)	18,12
			TSC (s)	51,78
			TSL (min)	21,57
Nota: TNC= Tiempo Normal por calzado; TNL=Tiempo Normal por Lote; TSC= Tiempo Estándar por calzado; TSL= Tiempo Estándar por Lote; Tamaño de Lote= 50 unidades (25 pares)				

Elaborado por: El investigador

4.4 PRONÓSTICO DE LA DEMANDA

En razón de estimar la demanda de calzado de seguridad industrial que se requiere para el año 2017, se toma los registros de las ventas, y de un método de pronóstico a largo plazo, para el presente caso de estudio se utiliza la demanda registrada desde el año 2014 hasta el 2016, por tanto, se utiliza el método casual de pronóstico por regresión lineal con factor estacional [5]. Se utiliza este método ya que con él se puede identificar y distribuir los datos de la serie temporal en sus componentes: tendencia, estacional, cíclico, auto correlación o aleatorio; además que con el factor de estacionalidad se corrige la serie para el pronóstico se ajuste a cada época del año.

En la tabla 56 se puede apreciar el resumen de ventas que ha tenido la empresa en los meses comprendidos del año 2014 al 2016 para todos los tipos de calzado.

Tabla 56 Resumen de Ventas del año 2014 al 2016

MESES/AÑO	2014	2015	2016
Enero	7397	7624	7995
Febrero	11715	5420	6840
Marzo	8390	7281	8125
Abril	13038	5886	7158
Mayo	5025	8636	9452
Junio	12823	8645	9456
Julio	11802	8556	8945
Agosto	7646	7053	6540
Septiembre	11073	8028	9789
Octubre	10024	8507	7589
Noviembre	8503	5315	6789
Diciembre	9060	7880	8456

Fuente: Empresa MARCIA “Buffalo Industrial”

4.4.1 Pronóstico de la demanda general

La venta de calzado durante los años 2014 a 2016 es representada en la figura 72, en la cual se logra discernir los meses de venta baja o alta de productos que tiene la empresa, además, se aprecia que las ventas durante el año 2016 tienden al ascenso, lo que debería influir en el pronóstico del 2017.

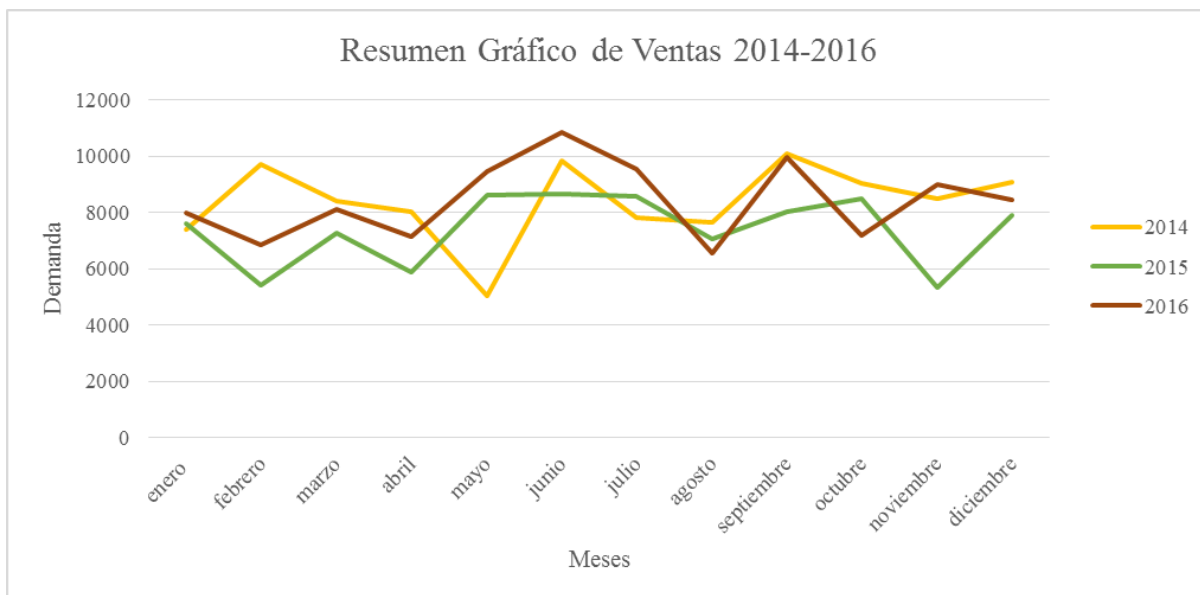


Figura 72 Venta de calzado durante los años 2014 a 2016

Elaborado por: El investigador

- **Cálculo de los factores estacionales y ajuste de la demanda no estacional.**

El factor estacional se calcula sacando el promedio de ventas del mismo mes por los tres años de estudio, posteriormente se divide este promedio con el promedio general de todos los meses, además, el ajuste de la demanda no estacional elimina el efecto estacional de los datos, esto se logra mediante la aplicación de una división entre los datos originales y el factor estacional.

En la tabla 57 se observa el cálculo del factor estacional, mientras en la tabla 58 muestra la diferencia que existe entre los datos estacionales y los datos no estacionales una vez aplicado el factor de estacionalidad, mismo que es igual para todos los meses similares entre los años, es decir, el factor de estacionalidad es el mismo para enero del año 2014, 2015 y 2016.

Tabla 57 Cálculo del Factor Estacional

	2014	2015	2016	Total	Promedio	Ie
Enero	7397	7624	7995	23016	7672,00	0,95
Febrero	9715	5420	6840	21975	7325,00	0,91
Marzo	8390	7281	8125	23796	7932,00	0,98
Abril	8038	5886	7158	21082	7027,33	0,87
Mayo	5025	8636	9452	23113	7704,33	0,95
Junio	9823	8645	10850	29318	9772,67	1,21

Julio	7802	8556	9540	25898	8632,67	1,07
Agosto	7646	7053	6540	21239	7079,67	0,88
Septiembre	10073	8028	9966	28067	9355,67	1,16
Octubre	9024	8507	7201	24732	8244,00	1,02
Noviembre	8503	5315	9012	22830	7610,00	0,94
Diciembre	9060	7880	8456	25396	8465,33	1,05
Promedio total	8374,67	7402,58	8427,92	24205,17	8068,39	

Elaborado por: El investigador

Tabla 58 Datos no Estacionales

AÑO	MES	N° (x)	Datos Estacionales (Y)	Datos no Estacionales (Yd)
2014	Enero	1	7397	7033,60
	Febrero	2	11715	10635,63
	Marzo	3	8390	8248,17
	Abril	4	13038	11355,72
	Mayo	5	5025	4798,27
	Junio	6	12823	15531,59
	Julio	7	11802	12627,39
	Agosto	8	7646	6709,04
	Septiembre	9	11073	12839,65
	Octubre	10	10024	10242,18
	Noviembre	11	8503	8019,92
	Diciembre	12	9060	9505,73
2015	Enero	13	7624	7249,44
	Febrero	14	5420	4920,62
	Marzo	15	7281	7157,92
	Abril	16	5886	5126,54
	Mayo	17	8636	8246,33
	Junio	18	8645	10471,07
	Julio	19	8556	9154,38
	Agosto	20	7053	6188,71
	Septiembre	21	8028	9308,83
	Octubre	22	8507	8692,16
	Noviembre	23	5315	5013,04
	Diciembre	24	7880	8267,68
2016	Enero	25	7995	7602,22
	Febrero	26	6840	6209,79
	Marzo	27	8125	7987,65
	Abril	28	7158	6234,41
	Mayo	29	9452	9025,51
	Junio	30	9456	11453,38
	Julio	31	8945	9570,59
	Agosto	32	6540	5738,57
Septiembre	33	9789	11350,79	

	Octubre	34	7589	7754,18
	Noviembre	35	6789	6403,30
	Diciembre	36	8456	8872,01

Elaborado por: El investigador

- **Regresión Lineal de la Demanda con datos no estacionales**

Teniendo los datos no estacionales se procede a realizar una regresión lineal mediante la aplicación de la ecuación 19, misma que permite obtener la ecuación de la recta Y por medio del método de mínimos cuadrados como se muestra en la tabla 59:

$$Y = a + bx \quad (19)$$

DONDE:

Yd = Demanda no Estacional

X = meses

Y = Demanda calculada con la ecuación de regresión lineal

a = Secante de Y

b = Pendiente de la recta

Para poder calcular a y b se utilizan las ecuaciones 20 y 21 respectivamente:

$$a = \bar{Yd} - b\bar{x} \quad (20)$$

$$b = \frac{\sum xYd - n.\bar{x}.\bar{Yd}}{\sum x^2 - n.\bar{x}^2} \quad (21)$$

Tabla 59 Cálculo de mínimos cuadrados con demanda no estacional

Año	Mes	N° (x)	Datos no Estacionales (Yd)	x ²	Yd ²	x . Yd
2014	Enero	1	7033,60	1	49471466	7033,60
	febrero	2	10635,63	4	113116562	21271,25
	Marzo	3	8248,17	9	68032384	24744,52
	Abril	4	11355,72	16	128952396	45422,88
	Mayo	5	4798,27	25	23023355	23991,33
	Junio	6	15531,59	36	241230274	93189,54
	Julio	7	12627,39	49	159451100	88391,76
	Agosto	8	6709,04	64	45011197	53672,31

2015	septiembre	9	12839,65	81	164856636	115556,86
	octubre	10	10242,18	100	104902162	102421,76
	noviembre	11	8019,92	121	64319110	88219,12
	diciembre	12	9505,73	144	90358888	114068,75
	Enero	13	7249,44	169	52554429	94242,76
	febrero	14	4920,62	196	24212531	68888,72
	Marzo	15	7157,92	225	51235836	107368,82
	Abril	16	5126,54	256	26281369	82024,57
	Mayo	17	8246,33	289	68002010	140187,66
	Junio	18	10471,07	324	109643407	188479,35
	Julio	19	9154,38	361	83802669	173933,22
	Agosto	20	6188,71	400	38300085	123774,13
	2016	septiembre	21	9308,83	441	86654389
octubre		22	8692,16	484	75553604	191227,47
noviembre		23	5013,04	529	25130562	115299,90
diciembre		24	8267,68	576	68354469	198424,23
Enero		25	7602,22	625	57793697	190055,42
febrero		26	6209,79	676	38561491	161454,54
Marzo		27	7987,65	729	63802619	215666,66
Abril		28	6234,41	784	38867880	174563,51
Mayo		29	9025,51	841	81459907	261739,91
Junio		30	11453,38	900	131179948	343601,44
Julio		31	9570,59	961	91596101	296688,14
Agosto		32	5738,57	1024	32931194	183634,26
septiembre		33	11350,79	1089	128840527	374576,21
octubre		34	7754,18	1156	60127262	263642,02
noviembre		35	6403,30	1225	41002212	224115,39
diciembre		36	8872,01	1296	78712631	319392,50

Elaborado por: El investigador

Una vez obtenidos los valores necesarios para el cálculo de a y b se procede a aplicar las ecuaciones anteriormente expuestas, dando los siguientes resultados:

$$b = -47,91$$

$$a = 9373,82$$

A pesar de lo que se podía apreciar en la figura 72, donde se nota una ligera tendencia ascendente, los cálculos realizados en la regresión lineal denotan lo contrario ya que el valor b es negativo lo que indica que la componente de la tendencia tiende a descender como se puede observar en la figura 73, además, se reemplazan los datos a y b en la ecuación 19 para obtener la ecuación final 22 para la demanda no estacional.

$$Y = 9373,82 - 47.91x \quad (22)$$

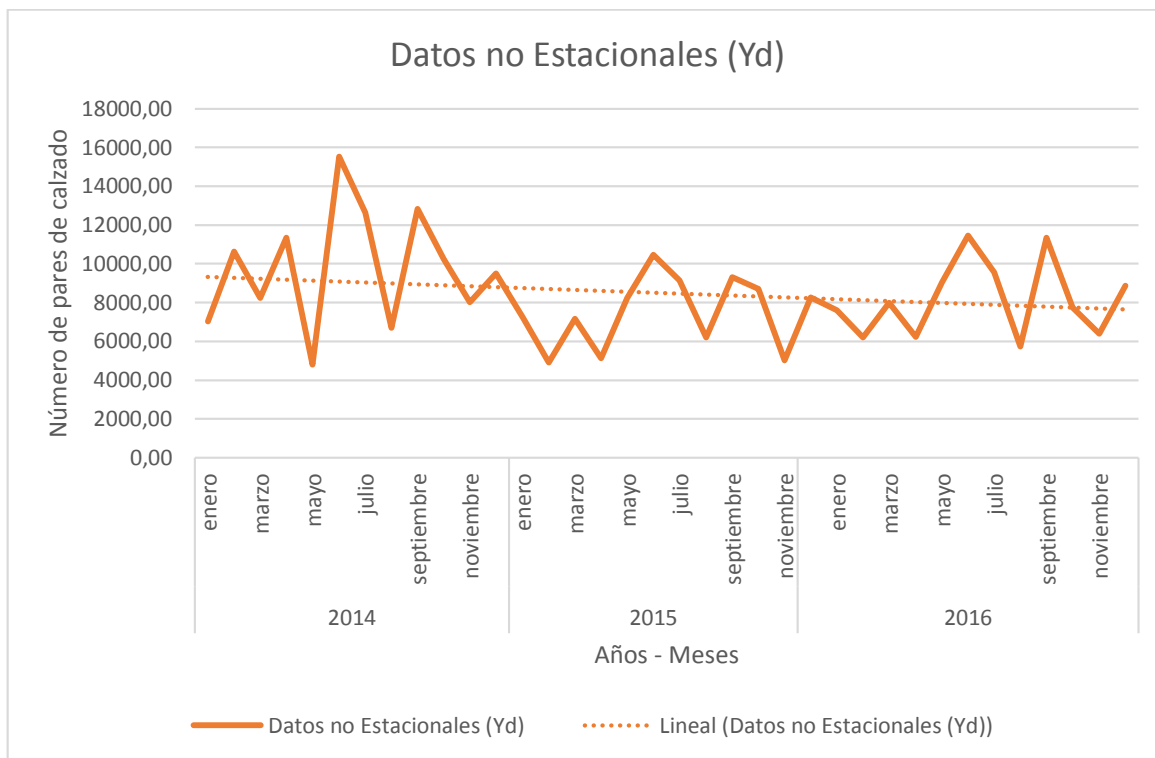


Figura 73 Tendencia de datos no Estacionales
Elaborado por: El investigador

- **Pronóstico de la Demanda y ajuste según el Factor Estacional**

Resolviendo la ecuación 22 para cada mes del año 2017, se pronostica la demanda para el periodo Y_t , luego estos resultados se los multiplica por el factor de estacionalidad correspondiente de cada mes, de esta manera se calcula las ventas y producción necesaria para el año establecido, tal como se muestra en la tabla 60.

Tabla 60 Pronóstico de la demanda de calzado

Año	Mes	N° (x)	Pronóstico no Estacional (Yd)	Factor Estacional	Pronóstico Estacional (Yt)
2017	Enero	37	7600,95	0,95	7228
	Febrero	38	7553,04	0,91	6857
	Marzo	39	7505,12	0,98	7378
	Abril	40	7457,21	0,87	6495
	Mayo	41	7409,29	0,95	7075
	Junio	42	7361,38	1,21	8916
	Julio	43	7313,46	1,07	7825

	Agosto	44	7265,55	0,88	6375
	Septiembre	45	7217,63	1,16	8369
	Octubre	46	7169,72	1,02	7326
	Noviembre	47	7121,80	0,94	6717
	Diciembre	48	7073,89	1,05	7422
TOTAL					87983

Elaborado por: El investigador

- **Resumen de la demanda pasada y el pronóstico**

La tabla 61, presenta el resumen de las ventas realizadas en el año 2014, 2015 y 2016, así como el pronóstico de la demanda para el siguiente periodo que es el 2017.

Tabla 61 Resumen de ventas anteriores y pronóstico de la demanda

	2014	2015	2016	2017
Enero	7397	7624	7995	7228
Febrero	9715	5420	6840	6857
Marzo	8390	7281	8125	7378
Abril	8038	5886	7158	6495
Mayo	5025	8636	9452	7075
Junio	9823	8645	10850	8916
Julio	7802	8556	9540	7825
Agosto	7646	7053	6540	6375
Septiembre	10073	8028	9966	8369
Octubre	9024	8507	7201	7326
Noviembre	8503	5315	9012	6717
Diciembre	9060	7880	8456	7422

Elaborado por: El investigador

En la figura 74 se presenta un resumen gráfico de las ventas anteriores y el pronóstico para el siguiente periodo; se puede observar que el descenso de las ventas en el año 2016, incide directamente en el pronóstico que también presenta un ligero descenso en las ventas.

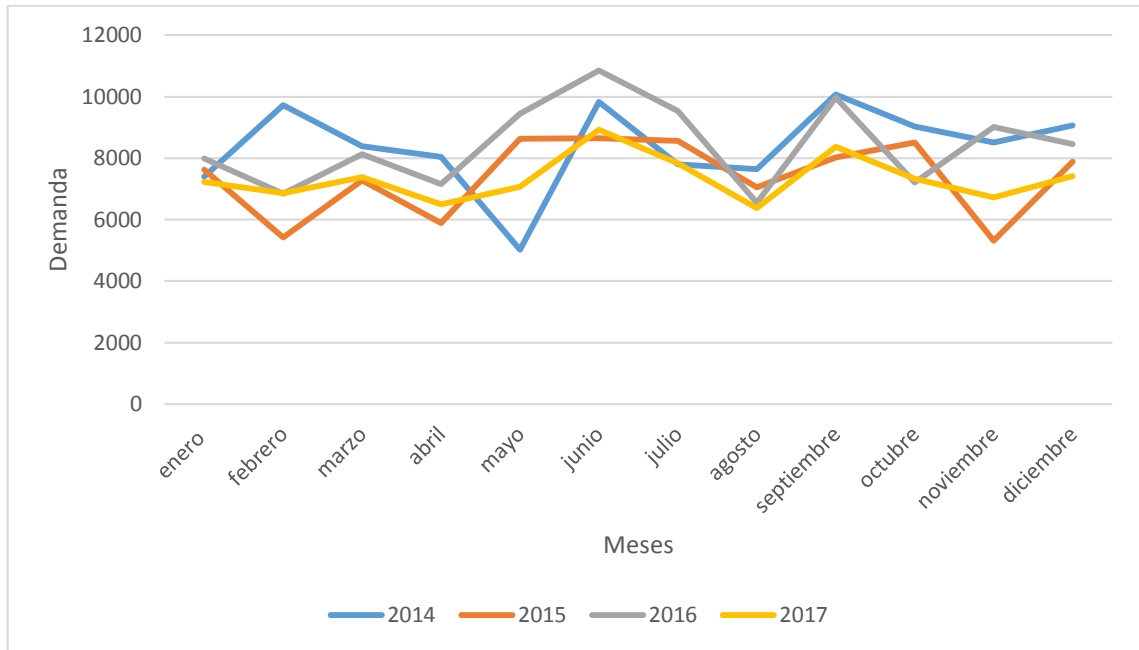


Figura 74 Resumen de ventas pasadas y pronosticadas
Elaborado por: El investigador

- **Medición del Erros del Pronóstico de la Demanda Total**

Al ser una técnica de ingeniería que maneja cierto grado de incertidumbre se ve la necesidad de supervisar los errores de predicción que se puedan dar por la aplicación de esta metodología de pronóstico seleccionada, por lo que, se deben determinar distintas mediciones de precisión al pronóstico [6]

Para realizar la medición del error se debe pronosticar la demanda pasada (2014, 2015 y 2016) con el factor estacional y aplicando la ecuación 22, para de esta manera dar lugar a la tabla 63 la cual permitirá obtener los diferentes valores de precisión aplicando las ecuaciones expuestas a continuación:

- **Error de pronóstico acumulativo:**
$$CFE = \sum_{t=1}^n Et \quad (23)$$

- **Error de pronóstico promedio:**
$$\overline{Et} = \frac{CFE}{n} \quad (24)$$

- **Cuadrado medio del error:**
$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n Et^2}{n} \quad (25)$$

- **Desviación estándar:**
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (Et - \bar{E})^2}{n - 1}} \quad (26)$$

- **Desviación media absoluta**
$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |Et|}{n} \quad (27)$$

- **Error porcentual medio absoluto:**
$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|Et|}{Dt} \cdot 100}{n} \quad (28)$$

- **Porcentaje medio de error:**
$$PME = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{Et}{Dt}}{n} \quad (29)$$

DONDE:

Et = Error del pronóstico

Dt = Demanda real

Ft = Demanda Pronosticada

n = Número de meses analizados

Tabla 62 Error del pronóstico

AÑO	MES	Nº	Demanda real (Dt)	Demanda Pronosticada (Ft)	Error (Et)	Error (Et) ²	Error Abs Et	Error % abs ((Et/Dt)*100)	Error % (Et/Dt)*100
2014	Enero	1	7397	8867,74	-1470,74	2163073,3	1470,74	19,88%	-19,88%
	Febrero	2	11715	8423,16	3291,84	10836238,0	3291,84	28,10%	28,10%
	Marzo	3	8390	9074,05	-684,05	467926,0	684,05	8,15%	-8,15%
	Abril	4	13038	7997,40	5040,60	25407673,4	5040,60	38,66%	38,66%
	Mayo	5	5025	8722,10	-3697,10	13668535,8	3697,10	73,57%	-73,57%
	Junio	6	12823	11005,63	1817,37	3302840,9	1817,37	14,17%	14,17%
	Julio	7	11802	9670,53	2131,47	4543145,8	2131,47	18,06%	18,06%
	Agosto	8	7646	7888,78	-242,78	58942,3	242,78	3,18%	-3,18%
	Septiembre	9	11073	10369,34	703,66	495141,1	703,66	6,35%	6,35%
	Octubre	10	10024	9088,27	935,73	875599,6	935,73	9,33%	9,33%
	Noviembre	11	8503	8344,14	158,86	25235,1	158,86	1,87%	1,87%
	Diciembre	12	9060	9231,72	-171,72	29487,7	171,72	1,90%	-1,90%
2015	Enero	13	7624	8321,00	-697,00	485813,0	697,00	9,14%	-9,14%

	Febrero	14	5420	7901,15	-2481,15	6156096,3	2481,15	45,78%	-45,78%
	Marzo	15	7281	8508,79	-1227,79	1507459,4	1227,79	16,86%	-16,86%
	Abril	16	5886	7496,60	-1610,60	2594041,2	1610,60	27,36%	-27,36%
	Mayo	17	8636	8173,06	462,94	214315,4	462,94	5,36%	5,36%
	Junio	18	8645	10309,19	-1664,19	2769529,2	1664,19	19,25%	-19,25%
	Julio	19	8556	9055,34	-499,34	249337,8	499,34	5,84%	-5,84%
	Agosto	20	7053	7384,26	-331,26	109730,6	331,26	4,70%	-4,70%
	Septiembre	21	8028	9702,62	-1674,62	2804340,7	1674,62	20,86%	-20,86%
	Octubre	22	8507	8500,77	6,23	38,9	6,23	0,07%	0,07%
	Noviembre	23	5315	7801,83	-2486,83	6184306,0	2486,83	46,79%	-46,79%
	Diciembre	24	7880	8628,45	-748,45	560173,9	748,45	9,50%	-9,50%
2016	Enero	25	7995	7774,27	220,73	48723,2	220,73	2,76%	2,76%
	Febrero	26	6840	7379,14	-539,14	290672,5	539,14	7,88%	-7,88%
	Marzo	27	8125	7943,52	181,48	32934,4	181,48	2,23%	2,23%
	Abril	28	7158	6995,81	162,19	26306,3	162,19	2,27%	2,27%
	Mayo	29	9452	7624,02	1827,98	3341520,0	1827,98	19,34%	19,34%
	Junio	30	9456	9612,75	-156,75	24571,3	156,75	1,66%	-1,66%
	Julio	31	8945	8440,14	504,86	254883,3	504,86	5,64%	5,64%
	Agosto	32	6540	6879,73	-339,73	115417,7	339,73	5,19%	-5,19%
	Septiembre	33	9789	9035,90	753,10	567165,9	753,10	7,69%	7,69%
	Octubre	34	7589	7913,27	-324,27	105149,1	324,27	4,27%	-4,27%
	Noviembre	35	6789	7259,51	-470,51	221378,4	470,51	6,93%	-6,93%
	Diciembre	36	8456	8025,18	430,82	185609,8	430,82	5,09%	5,09%
TOTAL				-2888,12	90723353,22	40147,89	505,71%	-171,68%	

Elaborado por: El investigador

Tabla 63 Resultados de las Medidas de Precisión

Medidas de Precisión			
CFE=	-2888,12	MAD=	1115,22
E=	-80,23	MAPE=	14,05%
MSE=	2520093,14	PME=	-4,77%
σ=	1607,94		

Elaborado por: El investigador

Una vez calculadas todas las medidas de precisión se puede analizar los datos obtenidos, en donde, el MAD indica que el pronóstico se encuentra desviado en promedio con 1115,22 pares de calzado de seguridad industrial, mientras que, el MAPE indica que en promedio el error del pronóstico es del 14.05% de la demanda real, revelando que la técnica sobreestimo ligeramente la demanda para el periodo pronosticado, esto se justifica ya que los tres periodos anteriores han sido marcados por la irregularidad, en donde, en el 2015 y 2016 a comparación del año 2014 las ventas han bajado de forma notable, por otro lado, la demanda al ser manejada con datos de gran valor los resultados

de las medidas de precisión restantes son proporcionales a esto, por lo cual, se puede notar que la desviación estándar es de 1607 pares de calzado, lo cual, es concordante y relativamente pequeño comparado con la demanda manejada. Los valores del MSE y el PME sirven para comparar el método empleado con cualquier otro método de pronóstico.

4.5 CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN

Capacidad de producción es el volumen de producto en proceso o terminado que se realiza en un determinado lapso de tiempo, para poder calcular la capacidad se deben aplicar ecuaciones tales como:

- **Capacidad de producción por máquina**
$$Cpm = \frac{\frac{480}{ts} * T_{lote}}{2} \quad (30)$$

- **Capacidad de producción diaria por actividad o área (Cpd)**
$$Cpd = Cpm * N_m \quad (31)$$

- **Capacidad de producción semanal (Cps)**
$$Cps = Cpd * 5 \quad (32)$$

- **Capacidad de producción mensual (Cpl)**
$$Cpl = Cpd * 20 \quad (33)$$

En la tabla 64 se encuentran aplicadas las fórmulas anteriormente expuestas, en donde, se considera que el tamaño de lote (T_{lote}) es de 50 unidades, es decir, 25 pares de calzado de seguridad industrial, además, el tiempo estándar es el tiempo tomado por lote ya que en este se toman en cuenta tiempos de transporte, por último, para este análisis de capacidad es necesario conocer la cantidad de maquinaria que tiene cada área ya que de esto dependerá la producción diaria. Las unidades de Cpm, Cpd, Cps y Cpl son en pares realizados por la unidad de tiempo respectiva.

Tabla 64 Capacidad de producción por área

Actividades	Tiempo Estándar (min)	Num. De Estaciones de trabajo	Capacidad de producción por máquina (Cpm)	Capacidad de producción diaria por área (Cpd)	Capacidad Semanal (Cps)	Capacidad Mensual (Cpl)
Troquelado de Cuero	52,24	4	230	919	4594	18377
Troquelado Forros	61,65	2	195	389	1946	7786
Destellado Y Etiquetado	30,68	2	391	782	3911	15645
Aparado	424,87	9	28	254	1271	5084
Conformado de Talón	67,15	2	179	357	1787	7148
Preparación de Suelas/Pulido de suelas	35,31	2	340	680	3398	13592
Preparación de Suelas/Untar Pega	31,96	1	376	376	1878	7511
Cosido con el sistema Strobel	32,78	1	366	366	1830	7322
Montaje/Armado de Puntas	29,55	1	406	406	2030	8121
Montaje/Pegado de Repuño	22,77	1	527	527	2635	10539
Montaje/Pre Cardado y Raydo	25,72	1	466	466	2332	9330
Montaje/Cardado	29,20	1	411	411	2055	8220
Montaje/Untar Pega en el calzado	29,78	1	403	403	2015	8059
Montaje/Reactivadora de Pega y Prensado	24,13	1	497	497	2486	9945
Montaje/ Sacar la Horma	9,24	1	1298	1298	6491	25966
Terminado 1	43,68	1	275	275	1374	5495
Terminado 2	21,57	1	556	556	2781	11124

Elaborado por: El investigador

En la figura 75 se puede observar de forma gráfica las diferentes capacidades de cada área que tiene la empresa siendo la mayor la de 1298 pares/día perteneciente a sacado de horma y la menor es de 254 pares/día referente al área de aparado y por definición de varios autores se conoce que la capacidad de una empresa, es la capacidad de producción del cuello de botella que en este caso será el área de trabajo donde se realiza el aparado.

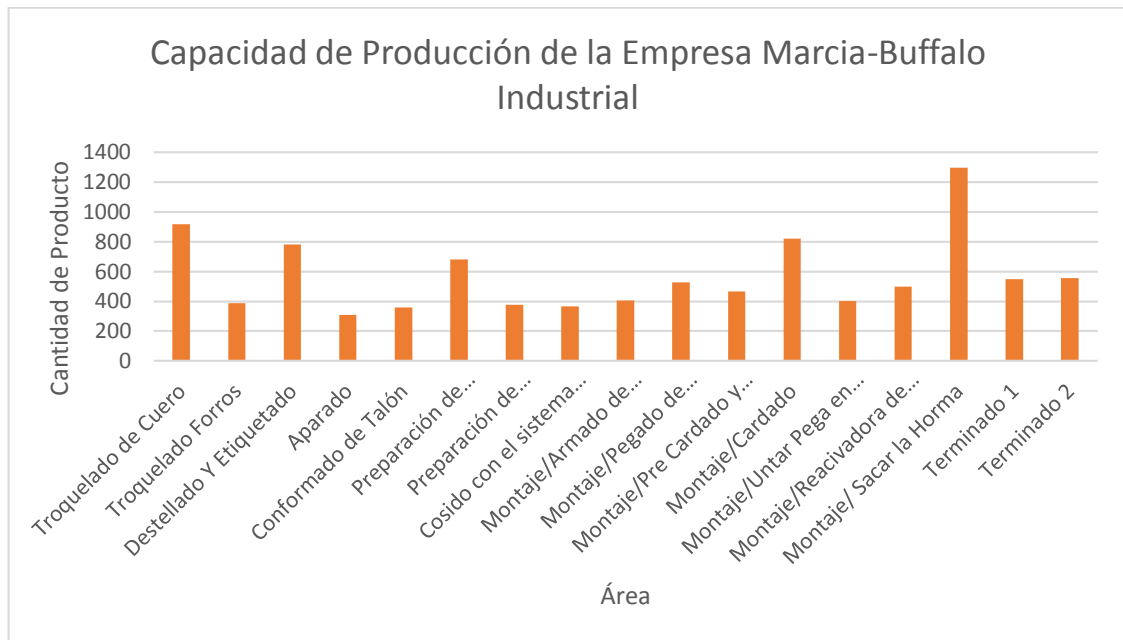


Figura 75 Capacidad diaria de Producción por área
Elaborado por: El investigador

Tras analizar la figura 76 que es Producción vs Capacidad de Producción se estima que existen días donde no trabaja a la capacidad real de la empresa lo que genera tiempos muertos u ociosos tanto de máquinas como de trabajadores, por otro lado, existen días en los cuales supera la producción a la capacidad, por lo que, se estima que en esos días los trabajadores laboran bajo presión y las máquinas a su máxima capacidad, produciendo fatiga y estrés en los obreros y posibles daños en la maquinaria, todo esto da a notar la falta de un flujo continuo dentro de la producción de calzado de seguridad industrial.

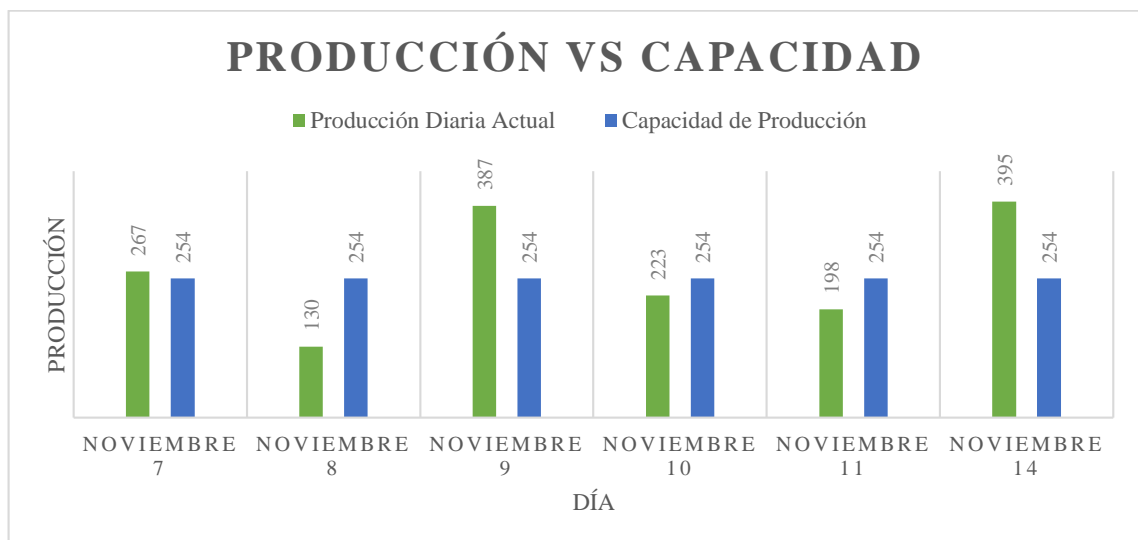


Figura 76 Producción vs Capacidad de Producción
Elaborado por: El investigador

4.6 ANÁLISIS DE COSTOS

Previo a la realización del plan agregado y plan de requerimiento de materiales es necesario analizar y definir ciertos costos importantes dentro de producción, ya que, estos planes se evalúan en base a estos valores, para obtener el que sea de menor costo.

4.6.1 Salario básico de un trabajador

De acuerdo al Art 81, Capítulo VI, Título I del Código de Trabajo del Ecuador, se entiende por Salario Básico la retribución económica mínima que debe recibir una persona por su trabajo de parte de su empleador, el cual forma parte de la remuneración y no incluye aquellos ingresos en dinero, especie o en servicio, que perciba por razón de trabajos extraordinarios y suplementarios, comisiones, participación en beneficios, los fondos de reserva, el porcentaje legal de utilidades, los viáticos o subsidios ocasionales, las remuneraciones adicionales, ni ninguna otra retribución que tenga carácter normal o convencional y todos aquellos que determine la Ley [20]. En este caso el salario básico definido por el CONADES (Consejo Nacional de Salarios) para el 2017 será de 375 dólares un 9 % más que el año 2016.

4.6.2 Costo de un trabajador normal al mes

Para definir el costo real de un trabajador por mes, se suma el sueldo básico que percibe durante el año 2017 más todos los beneficios que están establecidos por el Código de Trabajo Ecuatoriano [20]. Por lo cual en la tabla 65 se muestra el desglose de los beneficios económicos que tiene el empleado y se presenta el valor real que le cuesta a la empresa un trabajador.

Tabla 65 Costo de un Trabajador al Mes [6]

Costo por Hora	Ingreso Total	Beneficios Sociales					Costo Total
	Sueldo	IESS Aporte Patronal	XIII Sueldo	XIV Sueldo	Vacaciones	Fondos de Reserva	
\$ 1,56	\$ 375,00	\$ 41,81	\$ 31,25	\$ 31,25	\$ 15,63	\$ 31,24	\$ 527,74

4.6.3 Costo de contratar un trabajador

Actualmente la empresa MARCIA “Buffalo Industrial” tiene costos de contratación que se pueden dividir en tres fases fundamentales las cuales son:

- **Reclutamiento**

Para reclutar nuevo personal se toma en cuenta costos de publicidad los mismos que permiten dar a conocer a la ciudadanía la necesidad de empleados en la empresa, la publicidad más recurrida por la empresa es medios de comunican hablados y escritos de la ciudad de Ambato, además, de publicaciones en páginas de internet.

- **Selección**

Para seleccionar un trabajador se toman en cuenta gastos asociados al tiempo empleado en realizar la entrevista, elaboración, legalización del contrato de trabajo, y los chequeos médicos pre ocupacionales. Durante la realización de la entrevista se evalúa al postulante con pruebas técnicas para determinar su conocimiento y aptitud para el puesto de trabajo; para la elaboración y legalización del contrato la empresa MARCIA “Buffalo Industrial” contacta a su abogado institucional el cual es el encargado de realizar todos los trámites necesarios para la incorporación del nuevo trabajador, para la realización de los chequeos pre ocupacionales se contrata los servicios de un doctor privado el cual da el informe del estado de salud en el cual se encuentra el nuevo empleado.

- **Capacitación**

En lo que respecta a capacitación la empresa solo contrata personal que ya haya tenido experiencia mínima de dos años, por tanto, es un costo que no asume la empresa, pero MARCIA “Buffalo Industrial” considera como gasto a la dotación de equipos de seguridad personal y suministros necesarios para que el empleado tenga un buen desempeño en su puesto de trabajo.

Por tanto, en la tabla 66 se encuentra representado cada uno de los costos que tiene la empresa al momento de contratar un empleado correspondiente al año 2016.

Tabla 66 Costos de Contratación

FASES	DETALLE	COSTO
Reclutamiento	Publicidad Hablada y Escrita	50,00
Selección	Entrevista de Trabajo	5,00
	Contrato de Trabajo	40,00
	Cheque Médico	35,00
Contratación	EPP's Personales	75,50
Total		205,50

Fuente: Empresa MARCIA “Buffalo Industrial”

4.6.4 Costo de despedir un trabajador

La base del cálculo para definir los costos que implica despedir a un trabajador se lo hace a partir de la fecha que se celebró el contrato, por lo que, para el presente estudio se considera que un trabajador tiene en promedio 4 años de servicio dentro de la empresa [20]. Según lo establecido en el Art 81, Capítulo X, Título I del Código de Trabajo del Ecuador el empleador que despidiere intempestivamente al trabajador, será condenado a indemnizarlo, de conformidad con el tiempo de servicio y según la siguiente escala: Hasta tres años de servicio, con el valor correspondiente a tres meses de remuneración; y, De más de tres años, con el valor equivalente a un mes de remuneración por cada año de servicio, sin que en ningún caso ese valor exceda de veinte y cinco meses de remuneración; El cálculo de estas indemnizaciones se hará en base de la remuneración que hubiere estado percibiendo el trabajador al momento del despido, no se incluyen las bonificaciones como el XIII y XIV sueldo, vacaciones y fondos de reserva, ya que, esto se encuentra reflejo en el costo mensual de un trabajador [20], además, se toma en cuenta los chequeos médicos post ocupacionales que se le deben realizar obligatoriamente al trabajador, por tanto, en la tabla 67 se muestra el costo real de despedir intempestivamente a un trabajador.

Tabla 67 Costo de un despido intempestivo a un trabajador [20]

Detalles	Costos
Indemnización por despido intempestivo	\$ 1.500,00
Chequeo Post Ocupacional	\$ 35,00
TOTAL	\$ 1.535,00

4.6.5 Costo de horas extras

Como se encuentra establecido en el Art 55, Capítulo V, Título I del Código de Trabajo del Ecuador las “Horas Suplementarias” no podrán exceder de cuatro en un día, ni de doce en la semana, es decir, el empleador puede hacer uso de sus trabajadores 2 horas con 24 minutos por cinco días, además, en el caso de estudio de la empresa Marcia “Buffalo Industrial” que solo trabaja durante jornada diurna cada hora suplementaria tendrá el recargo del 50%, mientras las “Horas Extraordinarias”, las que se laboran los sábados, los domingos y días feriados, deberán ser pagados con el 100% de recargo, para el cálculo se tomará como base la remuneración que corresponda a la hora de trabajo diurno [20], en la tabla 68 se muestra el costo de horas suplementarias y extraordinarias de un trabajador de la empresa Marcia “Buffalo Industrial”.

Tabla 68 Costo de Horas Suplementarias y Extraordinarias [20]

Detalle	Costos
Horas Suplementarias	2,34
Horas Extraordinarias	3,13

4.6.6 Costo de contratar mano de obra eventual

Como se encuentra establecido en el Art 17, Capítulo I, Título I del Código de Trabajo del Ecuador los contratos eventuales para atender una mayor demanda de producción o servicios en actividades habituales del empleador, en cuyo caso el contrato no podrá tener una duración mayor de ciento ochenta días continuos o discontinuos dentro de un lapso de trescientos sesenta y cinco días. Si la circunstancia o requerimiento de los servicios del trabajador se repite por más de dos períodos anuales, el contrato se convertirá en contrato de temporada. El sueldo o salario que se pague en los contratos eventuales, tendrá un incremento del 35% del valor hora del salario básico del sector al que corresponda el trabajador, además, en cada pago se deberá completar los beneficios de ley como el XIII y XIV sueldo, así como vacaciones, el único beneficio restringido sería el fondo de reserva ya que este se percibe a partir del año de labores [20]; en la tabla 69 se muestra el costo mensual que tendría para la empresa Marcia “Buffalo Industrial” contratar un trabajador eventual.

Tabla 69 Costo de un Trabajador Eventual [6]

Ingreso Total		Beneficios Sociales				Costo Total
Sueldo	Incremento 35 %	IESS Aporte Patronal	XIII Sueldo	XIV Sueldo	Vacaciones	
\$ 375,00	\$ 131,25	\$ 56,45	\$ 42,19	\$ 42,19	\$ 21,09	\$ 668,17

4.6.7 Costo de Pedir Inventario

Los costos de adquisición de inventario están relacionados con el gasto de realizar un pedido a un proveedor o en los costos de preparación para la producción interna de algún sub-ensamble, en el presente caso de estudio, los proveedores de materiales e insumos de la empresa MARCIA “Buffalo Industrial” se encuentran en un 75% ubicados en la provincia de Tungurahua y el otro tanto por ciento en el resto del país.

En estos costos se incluye la energía eléctrica (10%), teléfono, suministros de oficina (15%), internet, transporte, entre otros, tal como se muestra en la tabla 70.

Tabla 70 Costos de Pedir Inventario

Detalle	Costo Anual
Electricidad	\$ 1.977,91
Teléfono	\$ 1.101,96
Suministros de Oficina	\$ 50,00
Transporte	\$ 2.400,00
Total	\$ 5.529,87

Fuente: Empresa MARCIA “Buffalo Industrial”

Del total obtenido se calcula el costo específico de ordenar, mediante el cociente entre el costo total anual de pedido y número de órdenes realizadas al año, como se muestra en la ecuación 34 [19].

$$S = \frac{\text{costo total anual de ordenar}}{\text{número total de órdenes al año}} \quad (34)$$

Según los datos recabados dentro de la empresa el departamento de compras realiza entre 18 a 25 pedidos semanales de los diferentes materiales e insumos necesarios, entonces, para cubrir todos los pedidos se toma el mayor que sería el de 25 pedidos semanales, es decir, 1300 pedidos anuales.

Aplicada la ecuación 34 se puede establecer que el costo de pedir es de 4,25 dólares por pedido.

4.6.8 Costo de mantener inventario (C)

Al costo de mantener inventario se le puede denominar a todos los procesos y tareas realizadas para mantener un rango de existencias del inventario dentro de la empresa, para esto, se debe incluir costos de inmovilización de producto e insumos, costo de limpieza, costo de espacio físico utilizado por un tiempo determinado [19].

Los costos de mantener materiales en inventario esta entre el 15 y 20% de su costo. Es aconsejable considerar los valores mostrados en la tabla 71 con los cuales puede estimarse de mejor forma los costos de mantener inventario en la empresa [19].

Según el Banco Central del Ecuador en el del 2017 se puede tomar como referencia el valor de 11.57% para la tasa de interés Productivo PYMES [21].

Tabla 71 Estimación del costo de mantener inventario [19]

Costo	Rango Aproximado en %
Intereses sobre el dinero invertido en inventario	4 - 10
Seguro	1 - 3
Impuestos	1 - 3
Almacenamiento	0 - 3
Obsolescencia y depreciación	4 - 16

En el caso de estudio de la empresa de calzado de seguridad industrial Marcia “Buffalo Industrial” el porcentaje del costo de mantener inventario de materia prima e insumos se encuentra detallado en la tabla 72, en donde la sumatoria de todos los índices da como resultado el porcentaje de capital invertido.

Tabla 72 Porcentaje de costo de mantener inventario

Costo	Rango Aproximado en %
Intereses sobre el dinero invertido en inventario	4%
Seguro	1%
Impuestos	1%
Almacenamiento	1%
Obsolescencia y depreciación	4%
Total	11%

Elaborado por: El investigador

El valor del porcentaje total se debe dividir para los 12 meses del año dando el valor del 0.92 % mensual que se aplica en la ecuación 35 la cual permite calcular el valor unitario para mantener inventario, en dólares por mes, además de aplica la fórmula 36 la cual permite encontrar el costo total de mantenimiento, en donde, Q representa la cantidad de pedido por mes.

$$C = 0.92\% * \text{costo unitario} \frac{\text{dólares}}{\text{mes}} \quad (35)$$

$$\text{Costo Mantenimiento} = C * \frac{Q}{2} \quad (36)$$

En el presente caso de estudio se utilizan solo los materiales del producto estrella de la empresa para el cálculo, debido a que representa la mayor cantidad de ventas y por ende de inversión. En tabla 73 se muestran los costos unitarios de cada materia prima e insumo, así como el costo total mensual por mantenimiento de inventario.

Tabla 73 Costo total Mensual de Mantenimiento de Inventario

Material	Unidad	Cantidad por calzado	Valor unitario	Valor total por calzado	Costo mensual de mantener inventario
CUERO	dm ²	19,34	\$ 0,18	\$ 3,48	\$ 0,0641
FORRO CAPELLADA	dm ²	3,17	\$ 0,16	\$ 0,50	\$ 0,0092
FORRO MALLA	dm ²	10,37	\$ 0,08	\$ 0,83	\$ 0,0153
NAPA	dm ²	3,74	\$ 0,11	\$ 0,41	\$ 0,0076
GAMUSON	dm ²	3,71	\$ 0,15	\$ 0,56	\$ 0,0102
ESPONJA	dm ²	3,61	\$ 0,07	\$ 0,25	\$ 0,0046
OJALILLOS	und	20	\$ 0,04	\$ 0,86	\$ 0,0159
ETIQUETA LENG	und	1	\$ 0,10	\$ 0,10	\$ 0,0018
ETIQUETA EXTERNA	und	1	\$ 0,05	\$ 0,05	\$ 0,0009
HILOS	m	58,27	\$ 0,002	\$ 0,12	\$ 0,0021
CONTRAFUERTE	dm ²	1,94	\$ 0,07	\$ 0,14	\$ 0,0025
PUNTA DE ACERO	und	1	\$ 1,50	\$ 1,50	\$ 0,0276
PLANTILLA ESTROBEL	dm ²	3,46	\$ 0,04	\$ 0,14	\$ 0,0025
PLANTILLA TERMINADO	dm ²	3,67	\$ 0,03	\$ 0,11	\$ 0,0020
PASADORES	unid	1	\$ 0,09	\$ 0,09	\$ 0,0017
ZUELA ROBUSTA	unid	1	\$ 1,84	\$ 1,84	\$ 0,0339
PEGA PU	g	35	\$ 0,01	\$ 0,18	\$ 0,0032
PRAYMER	g	32,03	\$ 0,01	\$ 0,16	\$ 0,0029
SOLVENTE	g	3,39	\$ 0,01	\$ 0,04	\$ 0,0007
ALOGENANTE	g	2,66	\$ 0,02	\$ 0,05	\$ 0,0010
NEOPREN	g	84	\$ 0,003	\$ 0,25	\$ 0,0046
FUNDAS	und	1	\$ 0,06	\$ 0,06	\$ 0,0011
CAJA DE EMBALAJE	und	1	\$ 0,49	\$ 0,49	\$ 0,0090
TOTAL					\$ 0,2245

unid = unidad; dm = decimetro; m = metros; g = gramos

Fuente: Empresa MARCIA "Buffalo Industrial"

4.6.9 Costo de inventario agotado

Se en tiende como inventario agotado a las pérdidas generadas por no disponer de producto disponible para vender. En el presente caso de estudio se plantea que el inventario agotado es la diferencia que existe entre el costo total de fabricación y el costo de venta del producto.

A los costos de producción se considera como la sumatoria entre gastos fijos y variables que tiene la empresa, los gastos fijos contemplan a los costos relacionados con mano de obra, costos administrativos y gastos en general, mientras que, los costos variables son los relacionados con la materia prima, insumos y materiales.

- **Costo de materia prima, materiales e insumos**

En la tabla 74 se muestra el costo de todos los materiales que se necesita para producir un par de calzado.

Tabla 74 Costo de materiales por par de calzado

Material	Unidad	Cantidad por calzado	Valor unitario	Valor total por calzado	Valor total por par calzado
CUERO	dm ²	19,34	\$ 0,18	\$ 3,48	\$ 6,9624
FORRO CAPELLADA	dm ²	3,17	\$ 0,16	\$ 0,50	\$ 0,9954
FORRO MALLA	dm ²	10,37	\$ 0,08	\$ 0,83	\$ 1,6592
NAPA	dm ²	3,74	\$ 0,11	\$ 0,41	\$ 0,8228
GAMUSON	dm ²	3,71	\$ 0,15	\$ 0,56	\$ 1,1130
ESPONJA	dm ²	3,61	\$ 0,07	\$ 0,25	\$ 0,5054
OJALILLOS	und	20	\$ 0,04	\$ 0,86	\$ 1,7280
ETIQUETA LENG	und	1	\$ 0,10	\$ 0,10	\$ 0,2000
ETIQUETA EXTERNA	und	1	\$ 0,05	\$ 0,05	\$ 0,1000
HILOS	m	58,27	\$ 0,002	\$ 0,12	\$ 0,2331
CONTRAFUERTE	dm ²	1,94	\$ 0,07	\$ 0,14	\$ 0,2719
PUNTA DE ACERO	und	1	\$ 1,50	\$ 1,50	\$ 3,0000
PLANTILLA ESTROBEL	dm ²	3,46	\$ 0,04	\$ 0,14	\$ 0,2768
PLANTILLA TERMINADO	dm ²	3,67	\$ 0,03	\$ 0,11	\$ 0,2202
PASADORES	unid	1	\$ 0,09	\$ 0,09	\$ 0,1800
ZUELA ROBUSTA	unid	1	\$ 1,84	\$ 1,84	\$ 3,6800
PEGA PU	g	35	\$ 0,01	\$ 0,18	\$ 0,3500
PRAYMER	g	32,03	\$ 0,01	\$ 0,16	\$ 0,3203
SOLVENTE	g	3,39	\$ 0,01	\$ 0,04	\$ 0,0814
ALOGENANTE	g	2,66	\$ 0,02	\$ 0,05	\$ 0,1064
NEOPREN	g	84	\$ 0,003	\$ 0,25	\$ 0,4973
FUNDAS	und	1	\$ 0,06	\$ 0,06	\$ 0,1200
CAJA DE EMBALAJE	und	1	\$ 0,49	\$ 0,49	\$ 0,9800
TOTAL					\$ 24,4035
unid = unidad; dm = decimetro; m = metros; g = gramos					

Fuente: Empresa MARCIA "Buffalo Industrial"

- **Costo de mano de obra**

La empresa Marcia “Buffalo Industrial” tiene establecido que para cualquier modelo de calzado de seguridad industrial el costo de mano de obra es de 5.32 dólares americanos [22].

- **Gastos generales y administrativos**

Los gastos generales y administrativos se los puede estimar mediante el promedio mensual de costos que han existido durante el año 2016, tal como se muestra en las tablas 75, 76.

Tabla 75 Costos Generales Anuales y Mensuales

Detalle	Costo Anual	Costo Mensual
Electricidad	\$ 19.779,12	\$ 1.648,26
Agua Potable	\$ 1.909,20	\$ 159,10
Lubricantes	\$ 2.137,44	\$ 178,12
Mantenimiento de Instalaciones	\$ 1.814,40	\$ 151,20
Viajes y Movilización	\$ 720,00	\$ 60,00
EPP's	\$ 3.000,00	\$ 250,00
Suministros de Oficina	\$ 500,00	\$ 41,67
Depreciación Maquinaria	\$ 66.034,63	\$ 5.502,89
Útiles de Limpieza	\$ 120,00	\$ 10,00
Intereses Bancos	\$ 25.132,63	\$ 2.094,39
TOTAL		\$ 10.095,62

Fuente: Empresa MARCIA “Buffalo Industrial”

Tabla 76 Costos Totales Administrativos

Detalle	Costo Anual	Costo Mensual
Teléfono	\$ 1.101,96	\$ 91,83
Publicidad	\$ 240,00	\$ 20,00
Salario del personal administrativo	\$ 88.800,00	\$ 7.400,00
Depreciación Muebles y Enceres	\$ 1.246,75	\$ 103,90
Depreciación Equipos de Computo	\$ 1.070,85	\$ 89,24
Depreciación de Edificio	\$ 11.265,10	\$ 938,76
Depreciación Vehículos	\$ 56.063,51	\$ 4.671,96
TOTAL		\$ 13.315,68

Fuente: Empresa MARCIA “Buffalo Industrial”

Para derivar estos costos en un costo por calzado se ha realizado una regla de tres simple con el promedio de la demanda pronosticada para el año 2017, lo que, da como

resultado que un producto ocupa el 0.014% del total de los costos generales y administrativos, tal como se muestra en la tabla 77.

Tabla 77 Porcentaje de los costos de Fabricación y Administrativos del Safety S10

Producto	P.V.P.	% Costos de Fabricación	%Costos Administrativos
Safety S10	40	0,014%	0,014%
TOTAL		\$ 1,41	\$ 1,86

Elaborado por: El Investigador

- **Costo de inventario agotado.**

La tabla 78 muestra el valor que le cuesta a la empresa producir un par de este tipo de calzado, mientras que en la tabla 79 se detalla el costo de que la empresa tenga inventario agotado.

Tabla 78 Costo Total de Fabricación del Safety S10

Materiales e Insumos	\$ 24,40
Mano de Obra	\$ 5,32
Gastos Administrativos	\$ 1,86
Gastos Generales	\$ 1,41
TOTAL	\$ 33,00

Fuente: Empresa MARCIA "Buffalo Industrial"

Tabla 79 Costo de Inventario Agotado

Costos	Safety S10
Precio de Venta	\$ 40,00
Costo Total Fabricación	\$ 33,00
Total de Inventario Agotado	\$ 7,00

Elaborado por: El Investigador

4.7 PLANEACIÓN AGREGADA

La planeación agregada tiene como objetivo realizar planes a mediano plazo, a través de la combinación óptima de los índices de producción, los niveles de mano de obra e inventario, el trabajo en tiempo extra, las tasas de subcontratación, y otras variables constantes que entran dentro del proceso productivo.

Una vez ubicados todos los datos de pronósticos, fluctuaciones de inventario, la mano de obra necesaria y los materiales e insumos relacionados, se requiere conocer la tasa de

producción adecuada para un horizonte planeación (1 año), es decir, aquel plan que minimice los costos, y de esta manera saber el presupuesto anual de la empresa.

Para el presente proyecto se han tomado en cuenta las siguientes estrategias como alternativa.

- *Estrategia de Ajuste*

Estrategia en la cual se utiliza mano de obra variable, es decir, despedir y contratar trabajadores para poder igualar el índice de producción con el índice de pedidos contratados.

- *Estrategia de Nivel*

Estrategia en la cual se mantiene mano de obra constante con producción constante, en donde, la escasez o el superávit se absorben mediante la fluctuación de inventario y producción en cada periodo t.

- *Estrategia de Mano de obra Estable con horas de Trabajo variable*

Estrategia en la cual se ajusta el horario de trabajo con horas extras o suplementarias, en donde, es posible igualar la producción con los pedidos.

Estas estrategias se las evaluó con la utilización de Microsoft Excel, y en cada una de las alternativas se analizan los costos en que estas estrategias podrían incurrir.

Para la realización de todas estas estrategias se tiene una ecuación en común, la misma que ayuda a encontrar el número exacto de trabajadores que se necesitan en planta para cubrir la producción durante el horizonte de planeación.

$$N^{\circ} \text{ Trabajadores por periodo } (i) = \frac{(Demanda \text{ Agregada})_i * Ts}{(Días \text{ laborales})_i * (Horas \text{ laborales})} \quad (37)$$

Además, la planeación agregada tiene varios datos que requieren ser encontrados con anterioridad los mismos que se encuentran detallados en la tabla 80 y 81.

Tabla 80 Pronóstico año 2017 y Días Hábiles por mes

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Pronóstico	7228	6857	7378	6495	7075	8916	7825	6375	8369	7326	6717	7422
Días Hábiles por mes	21	18	23	19	21	22	21	22	21	21	20	20

Elaborado por: El Investigador

Tabla 81 Datos requeridos para la planeación agregada

Detalle	Valor	Unidad
Costo Marginal del inventario agotado	7	\$/unidad
Costo de Mantener Inventario	0,2245	\$/unidad
Costo de contratación de mano de obra	205,5	\$/trabajador
Costo de despido	1535	\$/trabajador
Trabajadores Actuales	28	trabajadores
Horas laborales (día)	8	horas
Días Laborales	5	días
Horas laborales requeridas (Ts)	0,648	horas/unidad
Costo normal al mes por trabajador	527,24	\$/trabajador
Costo de trabajador eventual	668,17	\$/trabajador
Costo Hora Extra	2,34	\$/trabajador
Inventario Inicial	0	unidades
Inventario de seguridad	10%	de la demanda

Elaborado por: El Investigador

Una vez teniendo todos los datos necesarios se puede proceder a desarrollar las alternativas planteadas anteriormente.

Estrategia de Ajuste

Los cálculos referentes a producción, niveles de inventario y los costos asociados con esta estrategia se encuentran detallados en la tabla 82, pero para comprender de mejor manera de donde salen algunos resultados se van a realizar los cálculos para el mes de menor requerimiento de producción.

Tabla 82 Plan Agregado Estrategia de Ajuste

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
Requerimiento de Producción	7950	6820	7430	6407	7133	9100	7716	6230	8569	7221	6656	7492	
Horas Requeridas	5153	4421	4816	4153	4624	5899	5001	4038	5554	4681	4315	4856	
Días Hábiles	21	18	23	19	21	22	21	22	21	21	20	20	
Cálculo de Trabajadores Requeridos	30,7	30,7	26,2	27,3	27,5	33,5	29,8	22,9	33,1	27,9	27,0	30,4	
Trabajadores Requeridos	31	31	27	28	28	34	30	23	34	28	27	31	
Trabajadores Contratados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Trabajadores Despedidos	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	
Trabajadores Normales al año	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	
Trabajadores con contrato del año pasado	5	5	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	
Trabajadores con contrato eventual	3	3	0	1	1	7	3	0	11	5	4	8	
Costo de Trabajadores Contratados	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Costo de Trabajadores Despedidos	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 10.745,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 10.745,00
Costo de Escases	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Costo de Trabajadores Normales	\$ 12.126,52	\$ 12.126,52	\$ 12.126,52	\$ 12.126,52	\$ 12.126,52	\$ 12.126,52	\$ 12.126,52	\$ 12.126,52	\$ 12.126,52	\$ 12.126,52	\$ 12.126,52	\$ 12.126,52	\$ 145.518,24
Costo de Trabajadores Eventuales	\$ 2.004,51	\$ 2.004,51	\$ 0,00	\$ 668,17	\$ 668,17	\$ 4.677,19	\$ 2.004,51	\$ 0,00	\$ 7.349,87	\$ 3.340,85	\$ 2.672,68	\$ 5.345,36	\$ 30.735,82
Costo de trabajadores con contrato año pasado	\$ 2.636,20	\$ 2.636,20	\$ 2.108,96	\$ 2.108,96	\$ 2.108,96	\$ 2.108,96	\$ 2.108,96	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 15.817,20
													TOTAL \$ 202.816,26

Elaborado por: El Investigador

Para este plan de producción se toma en cuenta que MARCIA “Buffalo Industrial” al tener la demanda fluctuante se encuentra sujeta a factores externos propios del mercado, por lo que, la empresa ha deseado probar en el plan agregado mantener un 10 % de inventario de seguridad (inventario de amortización) para reducir las posibilidades que la empresa se quede sin existencias de productos, por tanto, es necesario transformar los pronósticos en requerimientos de producción que toman en cuenta los estimados del inventario de seguridad, como se muestra en la tabla 83.

Tabla 83 Requerimiento de Producción a partir del Pronóstico

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Inventario inicial	0	723	686	738	650	707	892	782	638	837	733	672
Pronóstico de la demanda	7228	6857	7378	6495	7075	8916	7825	6375	8369	7326	6717	7422
Inventario de seguridad	723	686	738	650	707	892	782	638	837	733	672	742
Requerimiento de Producción	7950	6820	7430	6407	7133	9100	7716	6230	8569	7221	6656	7492
Inventario Final	723	686	738	650	707	892	782	638	837	733	672	742

Además, se debe aplicar la ecuación 37 en el mes de agosto que es el de menor requerimiento de pedidos, para así, conocer cuántos trabajadores se deben tomar como fijos dando como resultado el mínimo que se requiere para cubrir la producción durante un mes, a partir de este número es necesario contratar o despedir trabajadores eventuales, adicional, se conoce que actualmente la empresa tiene 28 trabajadores iniciado el mes de enero.

$$N^{\circ} \text{ trabajadores} = \frac{6230 \text{ u} * 0.648 \frac{\text{horas}}{\text{u}}}{22 \text{ día} * 8 \frac{\text{horas}}{\text{día}}}$$

$$N^{\circ} \text{ trabajadores} = 22.9 \text{ trabajadores}$$

$$N^{\circ} \text{ trabajadores} \cong 23 \text{ trabajadores}$$

Cabe hacer énfasis que se impuso como base 23 trabajadores, pero en enero se empieza con 28 trabajadores, por lo cual, en el plan agregado se propone ir despidiendo a los trabajadores ya establecidos conforme vayan siendo las necesidades de producción de la

empresa y una vez realizado todos los cálculos pertinentes se sabe que el presupuesto de este plan es de 202.816,26 dólares americanos.

Estrategia de Nivel

Para este plan de producción se utiliza una mano de obra constante durante todo el año, en esta estrategia no se iguala la producción con los pedidos, más bien, se maneja bajo un sistema de inventarios de superávit y escasez, es decir, meses de baja demanda se guarda producto para aquellos periodos de tiempos en los cuales pueda no se pueda cubrir la demanda con la producción de la empresa.

En este caso de estudio se aplica la ecuación 37, con la condición que la demanda es la sumatoria de los requerimientos de los doce meses del año, al igual, los días hábiles resultan de la suma de todos los días laborables del año, como se muestra a continuación:

$$N^{\circ} \text{ trabajadores} = \frac{87983 \text{ u} * 0.648 \frac{\text{horas}}{\text{u}}}{249 \text{ día} * 8 \frac{\text{horas}}{\text{día}}}$$

$$N^{\circ} \text{ trabajadores} = 28.63 \text{ trabajadores}$$

$$N^{\circ} \text{ trabajadores} \cong 29 \text{ trabajadores}$$

Siendo 29 trabajadores la cantidad óptima de empleados necesarios para equilibrar la producción durante el horizonte de planeación, y que el superávit de algunos meses cubra las necesidades en los meses de escasos de stock.

Una vez realizado los cálculos pertinentes en esta estrategia, que se muestra en la tabla 84, se conoce que el presupuesto para este tipo de plan, es de 185.144,10 dólares americanos, siendo una estrategia de producción con presupuesto más económico que el primero.

Tabla 84 Plan Agregado Estrategia de Nivel

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
Inventario Inicial	0	289	-126	728	1034	1475	433	124	1623	770	961	1402	
Días Hábiles	21	18	23	19	21	22	21	22	21	21	20	20	
Trabajadores Fijos	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	
Horas de producción disponibles	4872	4176	5336	4408	4872	5104	4872	5104	4872	4872	4640	4640	
Producción Real	7516	6443	8232	6800	7516	7874	7516	7874	7516	7516	7158	7158	
Pronóstico de la demanda	7228	6857	7378	6495	7075	8916	7825	6375	8369	7326	6717	7422	
Inventario Final	289	-126	728	1034	1475	433	124	1623	770	961	1402	1139	
Costo de Inventario Agotado	\$ 0,00	\$ 880,58	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 880,58
Inventario de Seguridad	723	686	738	650	707	892	782	638	837	733	672	742	
Unidades en Exceso	0	0	0	384	767	0	0	986	0	228	730	396	
Costo de Mantener Inventario	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 86,22	\$ 172,28	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 221,29	\$ 0,00	\$ 51,25	\$ 163,97	\$ 88,99	\$ 784,00
Costo de Trabajadores	\$ 15.289,96	\$ 15.289,96	\$ 15.289,96	\$ 15.289,96	\$ 15.289,96	\$ 15.289,96	\$ 15.289,96	\$ 15.289,96	\$ 15.289,96	\$ 15.289,96	\$ 15.289,96	\$ 15.289,96	\$ 183.479,52
													TOTAL \$ 185.144,10

Elaborado por: El Investigador

Estrategia de Mano de obra Estable con horas de Trabajo variable

En este plan de producción agregada la mano de obra es constante, y los niveles de producción se van igualar con los niveles de pedido mediante la aplicación de horas extras o suplementarias de los trabajadores.

Al igual que el plan agregado anterior en este caso de estudio se aplica la ecuación 37, con la condición que la demanda es la sumatoria de los requerimientos de los doce meses del año, al igual, los días hábiles resultan de la suma de todos los días laborables del año, como se muestra a continuación:

$$N^{\circ} \text{ trabajadores} = \frac{87983 \text{ u} * 0.648 \frac{\text{horas}}{\text{u}}}{249 \text{ día} * 8 \frac{\text{horas}}{\text{día}}}$$

$$N^{\circ} \text{ trabajadores} = 28.63 \text{ trabajadores}$$

$$N^{\circ} \text{ trabajadores} \cong 28 \text{ trabajadores}$$

Para este caso se han escogido los 28 trabajadores que hasta finales del año 2016 existían en planta, el dato del número de trabajadores es un tanto experimental ya que mediante la variación del número de horas extraordinarias se puede ir cambiando el número de trabajadores, pero para que no haya ningún impacto de despido o contratación se ha decidido desarrollar el plan con el número de trabajadores que tiene disponible la empresa MARCIA “Buffalo Industrial”.

Una vez realizado los cálculos pertinentes en esta estrategia, que se muestra en la tabla 85, se conoce que el presupuesto para este tipo de plan, es de 180.250,09 dólares americanos, siendo una estrategia de producción con presupuesto más económico que el anterior, por lo cual se considera la alternativa más acertada para ser aplicada dentro de la empresa MARCIA “Buffalo Industrial”, por su más bajo costo de producción durante el año 2017.

Tabla 85 Plan Agregado Estrategia de Mano de obra Estable con horas de Trabajo variable

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Inventario Inicial	0	30	0	570	641	823	0	0	1227	115	47	241	
Días Hábiles por mes	21	18	23	19	21	22	21	22	21	21	20	20	
Trabajadores Fijos	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	
Horas de produccion disponible	4704	4032	5152	4256	4704	4928	4704	4928	4704	4704	4480	4480	
Producción Disponible	7257	6220	7948	6566	7257	7603	7257	7603	7257	7257	6912	6912	
Pronóstico de la demanda	7228	6857	7378	6495	7075	8916	7825	6375	8369	7326	6717	7422	
Inventario Final	30	-607	570	641	823	-490	-568	1227	115	47	241	-269	
Tiempo Suplementario de las Unidades	0	394	0	0	0	318	369	0	0	0	0	175	
Costo de las horas suplementarias	\$ 0,00	\$ 921,96	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 744,12	\$ 863,46	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 409,50	\$ 2.939,04
Inventario de Seguridad	723	686	738	650	707	892	782	638	837	733	672	742	
Unidades en Exceso	0	0	0	0	116	0	0	590	0	0	0	0	
Costo de Mantener Inventario	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 25,96	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 132,45	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 158,41
Costo de Trabajadores fijos	\$ 14.762,72	\$ 14.762,72	\$ 14.762,72	\$ 14.762,72	\$ 14.762,72	\$ 14.762,72	\$ 14.762,72	\$ 14.762,72	\$ 14.762,72	\$ 14.762,72	\$ 14.762,72	\$ 14.762,72	\$ 177.152,64
													TOTAL \$ 180.250,09

Elaborado por: El Investigador

Análisis de Resultados

Establecidas las estrategias de plan agregado se muestran los resultados en la tabla 86, en donde, se denota que la estrategia de ajuste es el plan de producción más costoso, mientras que, la estrategia de nivel tiene un valor económico menor, pero aun así no llega a ser el óptimo, como lo es, la estrategia de mano de obra estable con horas de trabajo variable, mismo que tiene el menor coste de inversión en mano de obra a lo largo del horizonte de planeación planteado.

Tabla 86 Tabla Resumen de Estrategias de Plan Agregado

COSTOS	PLAN 1	PLAN 2	PLAN 3
	Estrategia de Ajuste	Estrategia de Nivel	Fuerza de Trabajo constante con horas extras
Costos de despedir trabajadores	\$ 10.745,00	-	-
Costo de trabajadores de planta	\$ 145.518,24	\$ 183.479,52	\$ 177.152,64
Costo de trabajadores con contrato eventual	\$ 30.735,82	-	-
Costo de trabajadores antiguos	\$ 15.817,20	-	-
Costo de inventario agotado	-	\$ 880,58	-
Costo de mantener inventario	-	\$ 784,00	\$ 158,41
Costo de horas suplementarias	-	-	\$ 2.939,04
TOTAL	\$ 202.816,26	\$ 185.144,10	\$ 180.250,09

Elaborado por: El Investigador

4.8 PLAN DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES (MRP)

Una vez realizado el modelo de trabajo y presupuesto necesario para cubrir con la demanda durante el periodo 2017 es necesario planificar las necesidades de materiales e insumos.

El MRP requiere primordialmente de dos fuentes de información, el Plan Maestro de Producción y la lista de materiales.

- **Plan Maestro de Producción**

El plan maestro se encuentra establecido todos los datos con respecto a los pedidos que deben ser cubiertos durante cada semana del mes y del año, para este caso de estudio se toma todo el pronóstico de la demanda, y no se desarrolla solo de la demanda del modelo de calzado en el cual se ha tomado la gran mayoría del proyecto de investigación, y esto se lo puede realizar ya que los tiempos de producción entre los tipos de calzado no difieren en mucho ni sus materiales. El plan maestro se lo puede observar en las tablas 89 a la 100, en donde en la parte superior de las tablas se encuentra los requerimientos de producción durante todo el año dividido en meses y semanas.

- **Lista de Materiales (BOM)**

La lista de materiales específica de qué partes o de qué componentes está formado el calzado de seguridad industrial, por lo tanto, permite calcular las cantidades de cada componente que hacen falta para fabricarlos. Además, describe la secuencia en que se elabora, esto se lo puede apreciar en la tabla 87 la cual se observa de forma secuencial la lista de materiales, su nombre, la letra asignada y el tiempo promedio en el cual se tarda en llegar los materiales a la empresa.

Tabla 87 Lista de Materiales Secuencial

Material/ Subensamble/ Producto	Unidad	Cantidad	Letra	Tiempo de entrega (días)	Tiempo de entrega (sem)
Calzado		1	A	4	0,8
Cordones		1	B	1	0,2
Suela		1	C	3	0,6
Conjunto Strobel		1	D	5	1
Punta de Acero		1	E	2	0,4
Plantilla		1	F	1	0,2
Capellada		1	G	6	1,2
Talón		1	H	6	1,2
Ojalillos		20	I	1	0,2
Lengüeta		1	J	3	0,6
Etiqueta tipo 1		1	K	5	1
Cuero	dm ²	20	L	5	1
Forro	dm ²	14	M	5	1
Napa	dm ²	4	N	4	0,8
Contrafuerte	dm ²	2	O	2	0,4
Gamusón	dm ²	4	P	3	0,6
Esponja	dm ²	4	Q	2	0,4
Etiqueta tipo 2		1	R	2	0,4

Elaborado por: El Investigador

Además, en la tabla 88 se observa la lista de materiales en forma escalonada, en el cual se muestra los materiales primarios y los subensambles existentes dentro de del proceso manufacturero de este tipo de calzado, y por último en la figura 77 se detalla el árbol estructural de los materiales, con sus respectivos niveles que para este caso de estudio va desde el 0 como el producto terminado y el nivel 4 son de materias primas.

Tabla 88 Lista de Materiales Escalonado

LISTADO DE MATERIALES ESCALONADO				
CALZADO DE SEGURIDAD INDUSTRIAL				
Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
A(1)	B(1) C(1) E(1) F(1) D(1)	M(5) H(1) G(1)	L(4) M(4) O(2) I(20) K(1) L(16) M(5) N(4) J(1)	P(4) Q(4) R(1)

Elaborado por: El Investigador

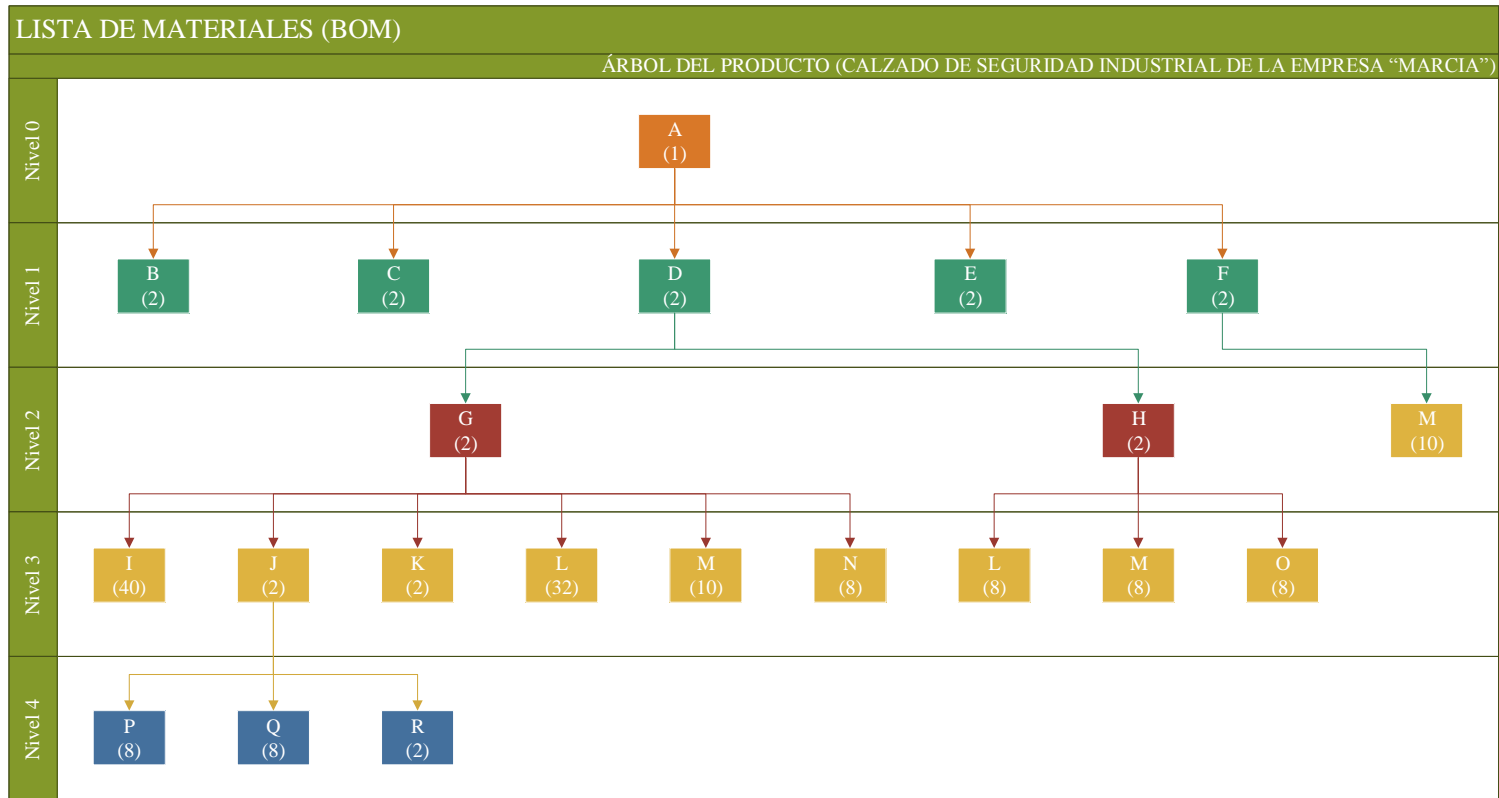


Figura 77 Producción vs Capacidad de Producción

Elaborado por: El investigador

- **Planeación de Requerimiento de Materiales**

En las tablas 89 a la 100 se muestran los cálculos de todos los requerimientos brutos del programa MRP en un horizonte de planeación de 12 meses, es decir, del año en curso 2017.

Tabla 96 Plan de Requerimiento de Materiales mes de Agosto del Año 2017

Tamaño de Lote	Tiempo de Entrega (día)	Disponibilidad	Código de bajo nivel	Iden. del artículo	Mes																					
					Agosto																					
					Sem 1				Sem 2				Sem 3					Sem 4					Sem 5			
					4				4				5					5					4			
Días Hábiles																										
Producción																										
Días																										
1																										
2																										
3																										
4																										
5																										
1																										
2																										
3																										
4																										
5																										
1																										
2																										
3																										
4																										
Lote x Lote	4		0	A	Necesidades brutas				2318				2318				2898				2898				2318	
					Entradas programadas																					
					Inventario proyectado																					
					Necesidades netas				2318				2318				2898				2898				2318	
					Recepción planeada de la orden				2318				2318				2898				2898				2318	
					Liberación planeada de la orden				2318								2898				2898				2318	
Lote x Lote	1	2753	1	B	Necesidades brutas				2318				2898				2898				2898				2318	
					Entradas programadas																					
					Inventario proyectado																					
					Necesidades netas				2318				2898				2898				2898				2318	
					Recepción planeada de la orden				2318				2898				2898				2898				2318	
					Liberación planeada de la orden				2318								2898				2898				2318	
Lote x Lote	3	2753	1	C	Necesidades brutas				2318				2898				2898				2898				2318	
					Entradas programadas																					
					Inventario proyectado																					
					Necesidades netas				2318				2898				2898				2898				2318	
					Recepción planeada de la orden				2318				2898				2898				2898				2318	
					Liberación planeada de la orden				2318								2898				2898				4782	
Lote x Lote	5	2753	1	D	Necesidades brutas				2318				2898				2898				2898				2318	
					Entradas programadas																					
					Inventario proyectado																					
					Necesidades netas				2318				2898				2898				2898				2318	
					Recepción planeada de la orden				2318				2898				2898				2898				2318	
					Liberación planeada de la orden				2318								2898				2898				4782	
Lote x Lote	2	2753	1	E	Necesidades brutas				2318				2898				2898				2898				2318	
					Entradas programadas																					
					Inventario proyectado																					
					Necesidades netas				2318				2898				2898				2898				2318	
					Recepción planeada de la orden				2318				2898				2898				2898				2318	
					Liberación planeada de la orden				2318								2898				2898				4782	
Lote x Lote	1	2753	1	F	Necesidades brutas				2318				2898				2898				2898				2318	
					Entradas programadas																					
					Inventario proyectado																					
					Necesidades netas				2318				2898				2898				2898				2318	
					Recepción planeada de la orden				2318				2898				2898				2898				2318	
					Liberación planeada de la orden				2318								2898				2898				2318	
Lote x Lote	6	9637	2	G	Necesidades brutas				2898				2898				2318				4782				4782	
					Entradas programadas																					
					Inventario proyectado																					
					Necesidades netas				2898				2898				2318				4782				4782	
					Recepción planeada de la orden				2898				2898				2318				4782				4782	
					Liberación planeada de la orden				2898								4782				4782				3985	
Lote x Lote	6	9637	2	H	Necesidades brutas				2898				2898				2318				4782				4782	
					Entradas programadas																					
					Inventario proyectado																					
					Necesidades netas				2898				2898				2318				4782				4782	
					Recepción planeada de la orden				2898				2898				2318				4782				4782	
					Liberación planeada de la orden				2898								4782				4782				3985	
Lote x Lote	1	192734	3	I	Necesidades brutas				57956				46365				95648				79706				79706	
					Entradas programadas																					
					Inventario proyectado																					
					Necesidades netas				57956				46365				95648				79706				79706	
					Recepción planeada de la orden				57956				46365				95648				79706				79706	
					Liberación planeada de la orden				57956				46365				95648				79706				79706	
Lote x Lote	3	9637	3	J	Necesidades brutas				2898				2318				4782				3985				3985	
					Entradas programadas																					
					Inventario proyectado																					
					Necesidades netas				2898				2318				4782				3985				3985	
					Recepción planeada de la orden				2898				2318				4782				3985				3985	
					Liberación planeada de la orden				2318								4782				3985				3985	
Lote x Lote	5	13079	3	K	Necesidades brutas				2898				2318				4782				3985				3985	
					Entradas programadas																					
					Inventario proyectado																					
					Necesidades netas				2898				2318				4782				3985				3985	
					Recepción planeada de la orden				2898				2318				4782				3985				3985	
					Liberación planeada de la orden				2318								4782				3985				3985	
Lote x Lote	5	261068	3	L	Necesidades brutas				46365				37092				76518				63765				63765	
					Entradas programadas																					
					Inventario proyectado																					
					Necesidades netas				46365				37092				76518				63765				63765	
					Recepción planeada de la orden				46365				37092				76518				63765				63765	
					Liberación planeada de la orden				37092								76518				63765				63765	
Lote x Lote	5	148681	3	M	Necesidades brutas				37672																	

- **Análisis de resultados**

Una vez realizado el plan de requerimientos de materiales, se conoce, las necesidades brutas de la empresa durante el año en curso, lo que resta es detallar el costo total en materiales y costo de pedir tanto anual como el promedio mensual, para lo cual se muestra en la tabla 101, estos costos para el mes de Enero del 2017, y en el ANEXO 3 se detallan los costos del resto de meses del año.

Tabla 101 Costo de Pedidos y Costo en Materiales del mes de Enero del 2017

Material	ENERO			
	Número de Pedidos	Cantidad de Pedido	Costo de pedir	Costo en Materiales
A	6	16741	\$ -	\$ -
B	5	13987	\$ 21,25	\$ 1.258,87
C	5	13987	\$ 21,25	\$ 25.736,87
D	6	17797	\$ -	\$ -
E	5	13987	\$ 21,25	\$ 20.981,14
F	5	13987	\$ 21,25	\$ 419,62
G	6	18165	\$ -	\$ -
H	6	18165	\$ -	\$ -
I	5	294462	\$ 21,25	\$ 12.720,76
J	6	18533	\$ -	\$ -
K	6	18533	\$ 25,50	\$ 926,66
L	6	324438	\$ 25,50	\$ 58.398,91
M	7	238570	\$ 29,75	\$ 19.085,59
N	6	74130	\$ 25,50	\$ 8.154,35
O	5	29446	\$ 21,25	\$ 2.061,23
P	6	68063	\$ 25,50	\$ 10.209,42
Q	5	60364	\$ 21,25	\$ 4.225,46
R	5	15091	\$ 21,25	\$ 1.509,09
TOTAL			\$ 301,75	\$ 165.687,99

Elaborado por: El Investigador

Para el mes de Enero del año del 2017, se requiere 301,75 dólares americanos para cubrir con los costos de pedidos y de 165.687,99 dólares americanos para comprar el material necesario para ese periodo, por último el MRP da a conocer que el costo anual de pedir es de \$ 2.843,25 dólares americanos, mientras que, el costo anual en compra de materiales es de \$ 1.678.090,56 dólares americanos como se muestra en la tabla 102, además se establece el promedio mensual de dinero requerido para cubrir con los costos de pedir y comprar.

Tabla 102 Total de Costo de Pedir y Costo en Materiales

Detalle	Costo
Total de costo de pedir anual	\$ 2.843,25
Promedio Mensual	\$ 236,94
Total del costo anual en Materiales	\$ 1.678.090,56
Promedio Mensual	\$ 139.840,88

Elaborado por: El Investigador

4.9 MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL APLICADO AL MRP

En el desarrollo del modelo de programación lineal lo que se trata de encontrar es los materiales exactos a pedir, basándose en la lista de materiales, plan maestro de producción y con estos recursos dar un balance entre el MRP realizado de forma manual en el programa Microsoft Excel y el desarrollado con el modelo matemático aplicado dentro del software LINGO.

Para que este modelo tenga mayor alcance, además, se debe tener en cuenta datos como costo de pedir, costo de mantener inventario, exactitud de inventario, esto para un periodo de un año dividido en los 12 meses, se toma como base el modelo matemático de Mula [19], el cual ha sido aplicado, mejorado y cambiando por autores del ámbito nacional e internacional [19].

El modelo explicado a continuación, ha sido ya aplicado dentro de la industria ecuatoriana teniendo un efecto positivo dentro de las empresas, puesto que se ha visto la necesidad de replicarlo, cambiarlo y mejorarlo para que sea aplicable dentro de MARCIA “Buffalo Industrial”.

4.9.1 Función Objetivo

Ecuación que tiene como finalidad minimizar la cantidad de productos a pedir en el horizonte de planificación establecido, así como costos de pedir y costos de mantener inventario. Los costos referentes en tiempo irregular de trabajo (horas extras), costos de contrato, y despido de mano de obra se encuentran establecidos ya en el plan agregado que se recomienda aplicar durante este año 2017, por lo que, no son necesarios incluirlos dentro de la función objetivo.

$$\min z = \sum_i^I \sum_t^T (T - t) * Cp_i * x_{i,t} + E_i * H_i * INVT_{i,t} + x_{i,t} * Cm_i$$

Donde:

T= Conjunto de periodos durante el horizonte de planificación en el caso de estudio presente son los doce meses del año.

I= Conjunto de Productos de la lista de materiales, que van desde la letra A hasta la R.

J= Conjunto de productos padre en la lista de materiales.

Xit= Cantidad a producir del producto i en el periodo t.

INVTi,t= Inventario del producto i al final del periodo t.

Cpi= Costo de pedir una unidad de producto.

Hi= Costo de mantener inventario de una unidad de producto i.

Ei= Exactitud de inventario, mismo que, se define como razón entre el inventario real y el inventario teórico.

Cm= Costo de materiales.

4.9.2 Restricción de Demanda y Requerimiento de Materiales

Ecuación mediante la cual se realiza un equilibrio de inventarios, en donde, los pedidos de materiales y el stock de inventarios deben ser iguales o superiores a la demanda.

$$\sum_t^T x_{i,t-TS(i)} - dem_{i,t} + E_i * INVT_{i,0} + \sum_j^J req_{i,j} * x_{i,j} \geq 0$$

Donde:

Xit= Cantidad a producir del producto i en el periodo t.

TSi= Tiempo de suministro del producto i

Demi,t= Demanda de producto i en el periodo t

Ei= Exactitud de inventario

INVT_{i,0}= Inventario del producto i al inicio del año

REQ_{i,j}= Cantidad de requerimientos de i para producir una unidad de j.

X_{i,j}= Cantidad a producir de i para cubrir a j.

4.9.3 Restricción de Tamaño de Lote

Este tipo de restricción se encarga de garantizar que al instante de realizar un pedido de materiales, este puede ser cero, de no pedir o uno de realizar el pedido con el tamaño de lote establecido.

$$x_{i,t} \geq W_{i,t} * LS_i$$

Donde:

X_{i,t}= Cantidad a producir del producto i en el periodo t

W_{i,t}= Número Binario que indica al modelo si se pide o no, en donde, si es uno si se debe realizar el pedido y 0 si no es así.

LS_i= Tamaño de lote de cada material.

4.9.4 Restricción de Inventario Final con Stock de Seguridad

Esta restricción permite conocer el estado del inventario final realizando un balance con el nivel del stock de seguridad.

$$INVF_i = \sum_t x_{i,t} + INVT_{i,0} + \sum_j req_{i,j} * x_{i,j} - dem_{i,t}$$

$$INVF \geq \sum_t x_{i,t} * PSS$$

Donde:

X_{i,t}= Cantidad a producir del producto i en el periodo t

INVT_{i,0}= Inventario del producto i al inicio del año

REQ_{i,j}= Cantidad de requerimientos de i para producir una unidad de j

X_{i,j}= Cantidad a producir de i para cubrir a j

Demi,t= Demanda de producto i en el periodo t

INVF= Inventario Final

PSS= Porcentaje de Inventario de seguridad

4.9.5 Programación del Modelo en el Software LINGO

A continuación, se presenta en la tabla 103 los comandos usados en el software LINGO, para poder resolver el modelo matemático propuesto, además, también en el ANEXO 4 se detalla los datos que requiere el modelo para su resolución, mismos que son, importados desde el software Microsoft Excel.

Tabla 103 Lista de Comando y Funciones de LINGO

LISTA DE COMANDOS	
Comando	Detalle
! Texto;	Comando el cual permite ingresar cualquier tipo de comentario en forma de texto sin que altere la secuencia lógica de la programación
Sets: EndSets	Determina la sección de conjuntos en un modelo de LINGO.
Data: EndData	Determina la sección de datos en un modelo de LINGO.
@OLE('xlsFile', 'range1'[, ..., 'rangen']);	Permite importar datos, texto, o cualquier tipo de información de un archivo externo en este caso de Microsoft Excel
@FOR(set [cond]: exp);	Realiza una tarea específica para todo i, es decir, es un bucle repetitivo
@SQRT(x);	Devuelve la raíz cuadrada de x.
MIN	Para este modelo de Lingo realiza la minimización de costes de inventarios, costo de pedir y costo de mantenimiento.
@SUM(set [cond]: exp);	Realiza una suma para todo i, es decir, es un bucle repetitivo
@SMAX(x1, ..., xn);	Permite tener el mayor de un conjunto de datos, cuando hay actividades concurrentes.

Una vez establecido el modelo matemático y los comandos necesarios para su resolución, se procede a programar dentro de la plataforma lingo como se muestra a continuación:

```
!MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL APLICADO A UN MRP EN LA EMPRESA DE  
CALZADO  
DE SEGURIDAD INDUSTRIAL;
```

```

SETS:
P/Jan2017..Dec2017/:TE;
!demanda/Jan2017..Dec2017/:DEM;
!h=costo de mantener en inventario,E=actitud del inventario, INVII=
inventario al principio
año, INVI= inventario inicial por cada periodo, INVF= Inventario
Final, DEM= Demanda Anual,
LT=Tiempo de entrega, REQ= Requerimientos;
M/A..R/:H,E,INVII,DEM,LT,CP,LS;
MM(M,M):REQ;!Matriz de requerimiento de materiales (lista bom);
! X=Inventario a pedir o producir, DEMP=demanda por periodo, W=binario
se pide o no
INVI= Inventario inicial por periodo;
MT(M,P):X,DEMP,INVI,BIN,INVF;

```

```
ENDSETS
```

```

data:
H=@OLE('F:\LINGO1.XLSX');
E=@OLE('F:\LINGO1.XLSX');
INVII=@OLE('F:\LINGO1.XLSX');
INVI=@OLE('F:\LINGO1.XLSX');
CP=@OLE('F:\LINGO1.XLSX');
DEM=@OLE('F:\LINGO1.XLSX');
LT=@OLE('F:\LINGO1.XLSX');
DEMP=@OLE('F:\LINGO1.XLSX');
REQ=@OLE('F:\LINGO1.XLSX');
BIN=@OLE('F:\LINGO1.XLSX');
TE=1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12;
enddata

```

```

PSS=0.1;
U=1000000;
@for(M(i):LS(i)= @SQRT((2*DEM(i)*CP(i))/H(i))); !tamaño de lote;

```

```
!Función Objetivo;
```

```

min = @sum(M(i):@sum(P(t):((@SMAX(TE(t))-
TE(t))*CP(i)*X(i,t)))+(E(i)*H(i)*INVI(i,t))));

```

```
!RESTRICCIONES;
```

```

@for(M(i):[RESTRICCION_DEM_REQ]((@sum(P(t):(x(i,t)-
demp(i,t)+(E(i)*INVII(i)))))+@SUM(p(t):REQ(i,i)*x(i,t)))>=0);

```

```

@for(M(i):[Restriccion_tamaño_de_lote]@for(P(t):x(i,t)>=BIN(i,t)*Ls(i)
));

```

```

@for(M(i):[RESTRICCION_INV_FINAL]((@sum(P(t):(x(i,t)-
INVI(i,t)))+@SUM(p(t):(REQ(i,i)*x(i,t))))>=(@sum(P(t):(x(i,t)*PSS))))
);

```

4.9.6 Modelo de Programación Lineal en LINGO

Una vez realizado la programación, lo siguiente, es resolver el modelo y esto se realiza mediante la opción SOLVE, entonces, LINGO genera un archivo con extensión .lgr, en el cual se presentan los resultados.

Global optimal solution found.

Objective value:	1'198.893,00
Infeasibilities:	0.000000
Total solver iterations:	0
Elapsed runtime seconds:	0.28

Model Class:	LP
--------------	----

Total variables:	216
Nonlinear variables:	0
Integer variables:	0

Total constraints:	37
Nonlinear constraints:	0

Total nonzeros:	0
Nonlinear nonzeros:	0

Variable	Value	Reduced Cost
X(A, JAN2017)	14455.06	0.000000
X(A, FEB2017)	13714.27	0.000000
X(A, MAR2017)	14756.51	0.000000
X(A, APR2017)	12990.03	0.000000
X(A, MAY2017)	14149.95	0.000000
X(A, JUN2017)	17832.63	0.000000
X(A, JUL2017)	15649.89	0.000000
X(A, AUG2017)	12750.42	0.000000
X(A, SEP2017)	16738.35	0.000000
X(A, OCT2017)	14651.54	0.000000
X(A, NOV2017)	13434.38	0.000000
X(A, DEC2017)	14843.81	0.000000
X(B, JAN2017)	11702.06	0.000000
X(B, FEB2017)	13714.27	0.000000
X(B, MAR2017)	14756.51	0.000000
X(B, APR2017)	12990.03	0.000000
X(B, MAY2017)	14149.95	0.000000
X(B, JUN2017)	17832.63	0.000000
X(B, JUL2017)	15649.89	0.000000
X(B, AUG2017)	12750.42	0.000000
X(B, SEP2017)	16738.35	0.000000
X(B, OCT2017)	14651.54	0.000000
X(B, NOV2017)	13434.38	0.000000
X(B, DEC2017)	14843.81	0.000000
X(C, JAN2017)	11702.06	0.000000
X(C, FEB2017)	13714.27	0.000000
X(C, MAR2017)	14756.51	0.000000
X(C, APR2017)	12990.03	0.000000
X(C, MAY2017)	14149.95	0.000000
X(C, JUN2017)	17832.63	0.000000
X(C, JUL2017)	15649.89	0.000000

X(C, AUG2017)	12750.42	0.000000
X(C, SEP2017)	16738.35	0.000000
X(C, OCT2017)	14651.54	0.000000
X(C, NOV2017)	13434.38	0.000000
X(C, DEC2017)	14843.81	0.000000
X(D, JAN2017)	11702.06	0.000000
X(D, FEB2017)	13714.27	0.000000
X(D, MAR2017)	14756.51	0.000000
X(D, APR2017)	12990.03	0.000000
X(D, MAY2017)	14149.95	0.000000
X(D, JUN2017)	17832.63	0.000000
X(D, JUL2017)	15649.89	0.000000
X(D, AUG2017)	12750.42	0.000000
X(D, SEP2017)	16738.35	0.000000
X(D, OCT2017)	14651.54	0.000000
X(D, NOV2017)	13434.38	0.000000
X(D, DEC2017)	14843.81	0.000000
X(E, JAN2017)	11702.06	0.000000
X(E, FEB2017)	13714.27	0.000000
X(E, MAR2017)	14756.51	0.000000
X(E, APR2017)	12990.03	0.000000
X(E, MAY2017)	14149.95	0.000000
X(E, JUN2017)	17832.63	0.000000
X(E, JUL2017)	15649.89	0.000000
X(E, AUG2017)	12750.42	0.000000
X(E, SEP2017)	16738.35	0.000000
X(E, OCT2017)	14651.54	0.000000
X(E, NOV2017)	13434.38	0.000000
X(E, DEC2017)	14843.81	0.000000
X(F, JAN2017)	11702.06	0.000000
X(F, FEB2017)	13714.27	0.000000
X(F, MAR2017)	14756.51	0.000000
X(F, APR2017)	12990.03	0.000000
X(F, MAY2017)	14149.95	0.000000
X(F, JUN2017)	17832.63	0.000000
X(F, JUL2017)	15649.89	0.000000
X(F, AUG2017)	12750.42	0.000000
X(F, SEP2017)	16738.35	0.000000
X(F, OCT2017)	14651.54	0.000000
X(F, NOV2017)	13434.38	0.000000
X(F, DEC2017)	14843.81	0.000000
X(G, JAN2017)	4818.061	0.000000
X(G, FEB2017)	13714.27	0.000000
X(G, MAR2017)	14756.51	0.000000
X(G, APR2017)	12990.03	0.000000
X(G, MAY2017)	14149.95	0.000000
X(G, JUN2017)	17832.63	0.000000
X(G, JUL2017)	15649.89	0.000000
X(G, AUG2017)	12750.42	0.000000
X(G, SEP2017)	16738.35	0.000000
X(G, OCT2017)	14651.54	0.000000
X(G, NOV2017)	13434.38	0.000000
X(G, DEC2017)	14843.81	0.000000
X(H, JAN2017)	4818.061	0.000000
X(H, FEB2017)	13714.27	0.000000
X(H, MAR2017)	14756.51	0.000000
X(H, APR2017)	12990.03	0.000000
X(H, MAY2017)	14149.95	0.000000
X(H, JUN2017)	17832.63	0.000000

X(H, JUL2017)	15649.89	0.000000
X(H, AUG2017)	12750.42	0.000000
X(H, SEP2017)	16738.35	0.000000
X(H, OCT2017)	14651.54	0.000000
X(H, NOV2017)	13434.38	0.000000
X(H, DEC2017)	14843.81	0.000000
X(I, JAN2017)	96367.22	0.000000
X(I, FEB2017)	274285.3	0.000000
X(I, MAR2017)	295130.3	0.000000
X(I, APR2017)	259800.5	0.000000
X(I, MAY2017)	282999.1	0.000000
X(I, JUN2017)	356652.6	0.000000
X(I, JUL2017)	312997.7	0.000000
X(I, AUG2017)	255008.3	0.000000
X(I, SEP2017)	334767.0	0.000000
X(I, OCT2017)	293030.7	0.000000
X(I, NOV2017)	268687.6	0.000000
X(I, DEC2017)	296876.1	0.000000
X(J, JAN2017)	4818.061	0.000000
X(J, FEB2017)	13714.27	0.000000
X(J, MAR2017)	14756.51	0.000000
X(J, APR2017)	12990.03	0.000000
X(J, MAY2017)	14149.95	0.000000
X(J, JUN2017)	17832.63	0.000000
X(J, JUL2017)	15649.89	0.000000
X(J, AUG2017)	12750.42	0.000000
X(J, SEP2017)	16738.35	0.000000
X(J, OCT2017)	14651.54	0.000000
X(J, NOV2017)	13434.38	0.000000
X(J, DEC2017)	14843.81	0.000000
X(K, JAN2017)	1376.061	0.000000
X(K, FEB2017)	13714.27	0.000000
X(K, MAR2017)	14756.51	0.000000
X(K, APR2017)	12990.03	0.000000
X(K, MAY2017)	14149.95	0.000000
X(K, JUN2017)	17832.63	0.000000
X(K, JUL2017)	15649.89	0.000000
X(K, AUG2017)	12750.42	0.000000
X(K, SEP2017)	16738.35	0.000000
X(K, OCT2017)	14651.54	0.000000
X(K, NOV2017)	13434.38	0.000000
X(K, DEC2017)	14843.81	0.000000
X(L, JAN2017)	28033.22	0.000000
X(L, FEB2017)	274285.3	0.000000
X(L, MAR2017)	295130.3	0.000000
X(L, APR2017)	259800.5	0.000000
X(L, MAY2017)	282999.1	0.000000
X(L, JUN2017)	356652.6	0.000000
X(L, JUL2017)	312997.7	0.000000
X(L, AUG2017)	255008.3	0.000000
X(L, SEP2017)	334767.0	0.000000
X(L, OCT2017)	293030.7	0.000000
X(L, NOV2017)	268687.6	0.000000
X(L, DEC2017)	296876.1	0.000000
X(M, JAN2017)	53689.85	0.000000
X(M, FEB2017)	191999.7	0.000000
X(M, MAR2017)	206591.2	0.000000
X(M, APR2017)	181860.4	0.000000
X(M, MAY2017)	198099.4	0.000000

X(M, JUN2017)	249656.8	0.000000
X(M, JUL2017)	219098.4	0.000000
X(M, AUG2017)	178505.8	0.000000
X(M, SEP2017)	234336.9	0.000000
X(M, OCT2017)	205121.5	0.000000
X(M, NOV2017)	188081.3	0.000000
X(M, DEC2017)	207813.3	0.000000
X(N, JAN2017)	19273.24	0.000000
X(N, FEB2017)	54857.06	0.000000
X(N, MAR2017)	59026.05	0.000000
X(N, APR2017)	51960.11	0.000000
X(N, MAY2017)	56599.82	0.000000
X(N, JUN2017)	71330.52	0.000000
X(N, JUL2017)	62599.55	0.000000
X(N, AUG2017)	51001.66	0.000000
X(N, SEP2017)	66953.40	0.000000
X(N, OCT2017)	58606.14	0.000000
X(N, NOV2017)	53737.53	0.000000
X(N, DEC2017)	59375.23	0.000000
X(O, JAN2017)	9637.122	0.000000
X(O, FEB2017)	27428.53	0.000000
X(O, MAR2017)	29513.03	0.000000
X(O, APR2017)	25980.05	0.000000
X(O, MAY2017)	28299.91	0.000000
X(O, JUN2017)	35665.26	0.000000
X(O, JUL2017)	31299.77	0.000000
X(O, AUG2017)	25500.83	0.000000
X(O, SEP2017)	33476.70	0.000000
X(O, OCT2017)	29303.07	0.000000
X(O, NOV2017)	26868.76	0.000000
X(O, DEC2017)	29687.61	0.000000
X(P, JAN2017)	5506.243	0.000000
X(P, FEB2017)	54857.06	0.000000
X(P, MAR2017)	59026.05	0.000000
X(P, APR2017)	51960.11	0.000000
X(P, MAY2017)	56599.82	0.000000
X(P, JUN2017)	71330.52	0.000000
X(P, JUL2017)	62599.55	0.000000
X(P, AUG2017)	51001.66	0.000000
X(P, SEP2017)	66953.40	0.000000
X(P, OCT2017)	58606.14	0.000000
X(P, NOV2017)	53737.53	0.000000
X(P, DEC2017)	59375.23	0.000000
X(Q, JAN2017)	5506.243	0.000000
X(Q, FEB2017)	54857.06	0.000000
X(Q, MAR2017)	59026.05	0.000000
X(Q, APR2017)	51960.11	0.000000
X(Q, MAY2017)	56599.82	0.000000
X(Q, JUN2017)	71330.52	0.000000
X(Q, JUL2017)	62599.55	0.000000
X(Q, AUG2017)	51001.66	0.000000
X(Q, SEP2017)	66953.40	0.000000
X(Q, OCT2017)	58606.14	0.000000
X(Q, NOV2017)	53737.53	0.000000
X(Q, DEC2017)	59375.23	0.000000
X(R, JAN2017)	1377.061	0.000000
X(R, FEB2017)	13714.27	0.000000
X(R, MAR2017)	14756.51	0.000000
X(R, APR2017)	12990.03	0.000000

X(R, MAY2017)	14149.95	0.000000
X(R, JUN2017)	17832.63	0.000000
X(R, JUL2017)	15649.89	0.000000
X(R, AUG2017)	12750.42	0.000000
X(R, SEP2017)	16738.35	0.000000
X(R, OCT2017)	14651.54	0.000000
X(R, NOV2017)	13434.38	0.000000
X(R, DEC2017)	14843.81	0.000000
LS(A)	0.000000	0.000000
LS(B)	29662.00	0.000000
LS(C)	6642.400	0.000000
LS(D)	0.000000	0.000000
LS(E)	7361.568	0.000000
LS(F)	27347.01	0.000000
LS(G)	0.000000	0.000000
LS(H)	0.000000	0.000000
LS(I)	43375.18	0.000000
LS(J)	0.000000	0.000000
LS(K)	28826.28	0.000000
LS(L)	21602.84	0.000000
LS(M)	29295.03	0.000000
LS(N)	28057.44	0.000000
LS(O)	34591.54	0.000000
LS(P)	24218.92	0.000000
LS(Q)	36064.17	0.000000
LS(R)	40766.52	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
RESTRICCIÓN_DEM_REQ(A)	0.000000	0.000000
RESTRICCIÓN_DEM_REQ(B)	26979.40	0.000000
RESTRICCIÓN_DEM_REQ(C)	26979.40	0.000000
RESTRICCIÓN_DEM_REQ(D)	26979.40	0.000000
RESTRICCIÓN_DEM_REQ(E)	26979.40	0.000000
RESTRICCIÓN_DEM_REQ(F)	26979.40	0.000000
RESTRICCIÓN_DEM_REQ(G)	94442.60	0.000000
RESTRICCIÓN_DEM_REQ(H)	94442.60	0.000000
RESTRICCIÓN_DEM_REQ(I)	1888793.	0.000000
RESTRICCIÓN_DEM_REQ(J)	94442.60	0.000000
RESTRICCIÓN_DEM_REQ(K)	128174.2	0.000000
RESTRICCIÓN_DEM_REQ(L)	2558466.	0.000000
RESTRICCIÓN_DEM_REQ(M)	1457074.	0.000000
RESTRICCIÓN_DEM_REQ(N)	377760.6	0.000000
RESTRICCIÓN_DEM_REQ(O)	188875.4	0.000000
RESTRICCIÓN_DEM_REQ(P)	512677.2	0.000000
RESTRICCIÓN_DEM_REQ(Q)	512677.2	0.000000
RESTRICCIÓN_DEM_REQ(R)	128164.4	0.000000
RESTRICCIÓN_INV_FINAL(A)	142219.0	0.000000
RESTRICCIÓN_INV_FINAL(B)	136988.3	0.000000
RESTRICCIÓN_INV_FINAL(C)	136988.3	0.000000
RESTRICCIÓN_INV_FINAL(D)	136988.3	0.000000
RESTRICCIÓN_INV_FINAL(E)	136988.3	0.000000
RESTRICCIÓN_INV_FINAL(F)	136988.3	0.000000
RESTRICCIÓN_INV_FINAL(G)	123908.7	0.000000
RESTRICCIÓN_INV_FINAL(H)	123908.7	0.000000
RESTRICCIÓN_INV_FINAL(I)	2478185.	0.000000
RESTRICCIÓN_INV_FINAL(J)	123908.7	0.000000
RESTRICCIÓN_INV_FINAL(K)	117368.9	0.000000
RESTRICCIÓN_INV_FINAL(L)	2348350.	0.000000
RESTRICCIÓN_INV_FINAL(M)	1708572.	0.000000

RESTRICCION_INV_FINAL (N)	495636.6	0.000000
RESTRICCION_INV_FINAL (O)	247819.2	0.000000
RESTRICCION_INV_FINAL (P)	469479.3	0.000000
RESTRICCION_INV_FINAL (Q)	469479.3	0.000000
RESTRICCION_INV_FINAL (R)	117370.8	0.000000

4.9.7 Análisis de Resultados

Los resultados obtenidos una vez realizada la resolución del modelo en LINGO, arroja los siguientes datos, donde, para la empresa de Calzado de Seguridad Industrial MARCIA “Buffalo Industrial” el:

Objective value: Da como resultado el valor de 1’198.893,00, el cual representa el promedio de los costos de hacer pedidos, mantener inventario y realizar compras durante un periodo de la planificación de materiales. Posteriormente se encuentra las sentencias X(A, JAN2017), donde X representa la cantidad de pedido en este caso del material A en el mes de Enero del 2017, citando un ejemplo:

Variable	Value	Reduced Cost
X(A, JAN2017)	14455.06	0.000000

En esta línea de código lo que trata de explicar es que el mes de enero requiere 14455 unidades del producto A, mientras que el *Reduced Cost* se puede interpretar como el coste reducido de la variable que indica aproximadamente lo que empeoraría la función objetivo (es decir, disminuirá en un problema de maximizar o aumentará en un problema de minimizar) por cada unidad que aumente el término independiente de la restricción.

También se encuentra en los resultados la línea de sentencia:

Variable	Value	Reduced Cost
LS(B)	29662.00	0.000000

La misma que indica que el tamaño de lote es de 29662 unidades del material B, esto pues, para todos los meses del año.

Por último se encuentran las restricciones mismas que indican la holgura que puede tener la variable para la resolución óptima del modelo, donde también el *Price Dual*, indica aproximadamente lo que mejoraría la función objetivo por cada unidad que aumente el término independiente de la restricción, como se muestra a continuación:

Row	Slack or Surplus	Dual Price
RESTRICCION_DEM_REQ(B)	26979.40	0.000000
RESTRICCION_INV_FINAL(B)	136988.3	0.000000

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se pronosticó la demanda para el año 2017, mediante el método de regresión lineal con datos estacionales, dando como resultado una demanda de 87983 pares de calzado con una desviación estándar de 1607 pares, esto para el horizonte de planeación establecido.
- Se desarrolló tres alternativas de estrategias para la planeación agregada, que son, estrategia de ajuste, estrategia de nivel y estrategia de mano de obra estable con horas de trabajo variable, siendo la opción de menor coste la última mencionada con un valor de 180.250,09 dólares americanos, demostrando que, en nuestro medio social es mejor trabajar con los empelados ya existentes en la empresa que contratar trabajadores eventuales.
- Se realizó el plan maestro de producción MPS, mismo que da como resultado que la empresa MARCIA “Buffalo Industrial”, en promedio debe producir 354 pares de calzado al día durante el horizonte de planeación establecido, por otro lado, dentro del MPS se impuso que la capacidad productiva de planta aplicado el método de cuello de botella, es de 254 pares/día, teniendo un déficit en producción de 100 pares/día, que se cubrirán mediante lo manufacturado en las horas suplementarias.
- Realizado un análisis comparativo entre el MRP desarrollado en Microsoft Excel y el programado en LINGO, se establece que no existe gran diferencia, entre ambos planes ya que el primero da un coste resultante anual de 1’680.933,81 dólares americanos y el segundo un coste anual de 1’198.893,00 dólares americanos, siendo este último aproximadamente 25% menor en costos

de pedido, manutención de inventario y compras, con respecto al realizado de forma manual.

- Mediante la aplicación de un análisis ABC, se pudo encontrar el producto estrella, el cual, es el más vendido durante el periodo 2016, en el caso actual de estudio, ha sido elegido el modelo de calzado de seguridad industrial Safety S-10, sobre el cual se ha realizado los análisis de tiempos y de ingeniería de métodos.
- Aplicando diagramas sinópticos y analíticos para el levantamiento de procesos, se estableció que, el proceso a pesar de tener ciertos retrasos al momento de manufacturar, se muestra lineal, ya que, evita almacenamientos y transportes innecesarios, dando a entender que la mayoría de actividades añaden valor agregado al producto final.

5.2. RECOMENDACIONES

- Al trabajar dentro de los pronósticos, se debe usar por lo menos con tres o cuatro periodos anteriores para que sea lo más cercano posible a la realidad, pero si se trabaja con más de esos periodos se debe tener cuidado ya que se puede caer en mayor grado de incertidumbre y error del pronóstico.
- Dentro de la planeación agregada se sugiere permanecer con los 28 trabajadores de planta que se tiene hasta el final del periodo 2016, ya que, con este personal es suficiente para cubrir la demanda establecida para el año 2017, y en caso de existir meses en donde la empresa necesite producir más se debe cubrir este déficit con horas suplementarias.
- Mejorar el proceso dentro del área de aparato ya que es donde se genera la mayor cantidad de tiempos muertos, además de ser el cuello de botella de la empresa que define su capacidad de producción, por tanto, al mejorar esta área se mejorara la línea productiva de MARCIA “Buffalo Industrial”.
- Utilizar el MRP, realizado de forma manual en Microsoft Excel ya que se tiene mayor control e información de los pedidos, pero es imposible dejar de lado el menor coste que nos brinda el programado de LINGO, por lo que se sugiere utilizar la cantidad de pedido y tamaño de lote establecido dentro de la programación lineal.

REFERENCIAS

- [1] B. Vera, Implementación de sistemas ERP, su impacto en la gestión de la empresa e integración con TIC, Biobío-Chile: CAPIV REVIEW, 2006.
- [2] Y. L. C. G., «Universidad de Simón Bolívar,» 01 Marzo 2014. [En línea]. Available: <http://159.90.80.55/tesis/000165597.pdf>. [Último acceso: 15 Noviembre 2015].
- [3] S. Sánchez, «Universidad Técnica de Ambato,» 01 Abril 2015. [En línea]. Available: http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/10700/1/Tesis_t1001id.pdf. [Último acceso: 15 Noviembre 2015].
- [4] «"Industria local del calzado crece menos y se incrementan las importaciones",» *Diario "El Universo"*, p. 64, 20 Noviembre 2013.
- [5] R. B. Chase, de *Administración de Operaciones Producción y Cadena de Suministros*, Mexico, McGraw-Hill/Interamericana Editores, 2014, pp. 554-594.
- [6] V. Cruz y M. Castro, «Plan de Requerimiento de Materiales en la empresa CASTRO MAQUINARIA,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2015.
- [7] M. Arango, C. Serna y G. Ortega, «Uso de la programación lineal paramétrica en la solución de un problema de planeación de requerimiento de materiales bajo condiciones de incertidumbre,» *INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN*, vol. 30, n° 3, pp. 96-105, 2010.
- [8] J. Reyes, M. García y C. D. Sánchez Carlos, «Modelo de Programación Lineal para Planeación de Requerimientos de Materiales,» *Revista Tecnológica ESPOL*, vol. XXVIII, n° 2, pp. 24-33, 2015.
- [9] Ernesto Ponsot Balaguer and Víctor Márquez, «"Modelo de programación lineal de la producción, integrado en un sistema computarizado de producción, inventario y ventas industrial,"» *Economía*, n° 16, pp. 75-95, 2000.
- [10] L. Delgado y T. Héctor, «Aplicación de un modelo de programación lineal en la optimización de un sistema de planeación de requerimientos de materiales

(MRP) de dos escalones con restricciones de capacidad,» *Ingeniería e Investigación*, vol. 30, n° 1, pp. 168-173, 2010.


- [11] C. Torres y J. Córdova, «Diseño de sistema experto para toma de decisiones de compra de materiales.,» *Scielo*, vol. 30, n° 52, pp. 20-30, 2014.
- [12] C. O. García, «Modelos para el control de inventarios en las pymes,» pp. 1-10, 2013.
- [13] J. C. C. Reyes y J. M. D. Escorcía, «Diseño de un Sistema de Control de Materiales en una Planta de Conversión de papeles suaves,» *Educación de Ingeniería*, vol. 10, pp. 99-109, 2010.
- [14] I. P. Guevara, G. P. Ortega y M. D. A. Serna, «Mejoramiento en la Gestión de Inventarios,» *Universidad EAFIT*, vol. 46, n° 160, pp. 9-21, 2010.
- [15] L. J. Krajewski, R. L. P. y M. K. Malhotra, *Administración de Operaciones*, Naucalpan de Juárez, México: Cámara Nacional de la Industria, 2008.
- [16] J. Heizer y B. Render, *Administración de Operaciones*, México: Pearson Educación, 2009.
- [17] J. Hanke y A. G. Reitsh, *Pronósticos en los negocios*, México: Pearson Educación, 2002.
- [18] N. Gaither y G. Frazier, *Administración de Producción y Operaciones*, Texas: International Thomson Editores, 2000.
- [19] E. Cáceres y R. John, «Modelo de Programación Lineal para Planeación de Requerimiento de Materiales en "Carrocerías M&L",» *Universidad Técnica de Ambato*, Ambato, 2014.
- [20] D. N. D. A. J. D. L. PGE, «CÓDIGO DEL TRABAJO,» Registro Oficial Suplemento 167 de 16-Dic-2005, Quito, 2013.
- [21] B. C. d. Ecuador, «Banco Central del Ecuador,» 20 1 2014. [En línea]. Available: <http://contenido.bce.fin.ec/docs.php?path=/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/TasasIntereses/Indice.htm>. [Último acceso: 18 02 2017].

[22] P. Cherez, Interviewee, *Estado Actual de la Empresa Marcia*. [Entrevista]. 11 Octubre 2016.

ANEXOS

ANEXO 1

Se presenta en la tabla contigua, los valores del índice de desempeño de un trabajador por medio del método de nivelación, esta tabla ha sido aplicada dentro del estudio de tiempo para obtener el tiempo normal.

				Hoja de Valoración del índice de Desempeño con el Método de Nivelación			
Habilidad		Esfuerzo		Condiciones		Consistencia	
0,15	A1	0,13	A1	0,06	A- Ideales	0,04	A- Perfecto
0,13	A2-Habilidísimo	0,12	A2-Excesivo	0,04	B- Excelente	0,03	B- Excelente
0,11	B1	0,1	B1	0,02	C- Buenas	0,01	C- Buenas
0,08	B2- Excelente	0,08	B2- Excelente	0	D- Promedio	0	D- Promedio
0,06	C1	0,05	C1	-0,03	E-Regulares	-0,02	E-Regulares
0,03	C2- Bueno	0,02	C2- Bueno	-0,07	F- Malas	-0,04	F-Deficiente
0	D- Promedio	0	D- Promedio	Nota: El índice de desempeño estándar de un trabajador calificado se asume como el 100/100 de rendimiento, por ello a esta valoración se deben adicionar los valores de la tabla según la habilidad, esfuerzo, las condiciones y la consistencia percibidas por el especialista.			
-0,05	E1	-0,04	E1				
-0,1	E2- Regular	-0,08	E2- Regular				
-0,15	F1	-0,12	F1				
-0,22	F2-Deficiente	-0,17	F2-Deficiente				

ANEXO 2

Sistema de suplementos por descanso porcentajes de los Tiempos Básicos

1. SUPLEMENTOS CONSTANTES

	Hombres	Mujeres
A. Suplemento por necesidades personales	5	7
B. Suplemento base por fatiga	4	4

2. SUPLEMENTOS VARIABLES

	Hombres	Mujeres		Hombres	Mujeres
A. Suplemento por trabajar de pie	2	4		4	45
B. Suplemento por postura anormal				2	100
Ligeramente incómoda	0	1	F. Concentración intensa		
incómoda (inclinado)	2	3	Trabajos de cierta precisión	0	0
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7	Trabajos precisos o fatigosos	2	2
C. Uso de fuerza/energía muscular (Levantar, tirar, empujar)			Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5
Peso levantado [kg]			G. Ruido		
2,5	0	1	Continuo	0	0
5	1	2	Intermitente y fuerte	2	2
10	3	4	Intermitente y muy fuerte	5	5
25	9	20	Estridente y fuerte		
35,5	22	máx	H. Tensión mental		
D. Mala iluminación			Proceso bastante complejo	1	1
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0	Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos	4	4
Bastante por debajo	2	2	Muy complejo	8	8
Absolutamente insuficiente	5	5	I. Monotonía		
E. Condiciones atmosféricas			Trabajo algo monótono	0	0
Índice de enfriamiento Kata			Trabajo bastante monótono	1	1
16		0	Trabajo muy monótono	4	4
8		10	J. Tedio		
			Trabajo algo aburrido	0	0
			Trabajo bastante aburrido	2	1
			Trabajo muy aburrido	5	2

Introducción al Estudio del trabajo – segunda edición, OIT. Ejemplo sin valor normativo

ANEXO 3

COSTOS DE PEDIR Y COSTO DE COMPRAR MATERIALES

DESDE EL MES DE FEBRERO AL MES DE DICIEMBRE

Material	FEBRERO			
	Número de Pedidos	Cantidad de Pedido	Costo de pedir	Costo en Materiales
A	4	13353	\$ -	\$ -
B	4	13353	\$ 17,00	\$ 1.201,80
C	4	13353	\$ 17,00	\$ 24.570,10
D	4	12752	\$ -	\$ -
E	4	13353	\$ 17,00	\$ 20.029,98
F	4	13353	\$ 17,00	\$ 400,60
G	4	12150	\$ -	\$ -
H	4	12150	\$ -	\$ -
I	4	243003	\$ 17,00	\$ 10.497,74
J	4	11549	\$ -	\$ -
K	4	11549	\$ 17,00	\$ 577,43
L	4	184777	\$ 17,00	\$ 33.259,90
M	6	167696	\$ 25,50	\$ 13.415,67
N	4	46194	\$ 17,00	\$ 5.081,37
O	4	24300	\$ 17,00	\$ 1.701,02
P	3	38495	\$ 12,75	\$ 5.774,29
Q	4	46194	\$ 17,00	\$ 3.233,60
R	4	11549	\$ 17,00	\$ 1.154,86
		TOTAL	\$ 225,25	\$ 120.898,35

Material	MARZO			
	Número de Pedidos	Cantidad de Pedido	Costo de pedir	Costo en Materiales
A	4	12832	\$ -	\$ -
B	4	16250	\$ 17,00	\$ 1.462,52
C	5	16250	\$ 21,25	\$ 29.900,33
D	5	15777	\$ -	\$ -
E	5	16250	\$ 21,25	\$ 24.375,27
F	5	16250	\$ 21,25	\$ 487,51
G	5	15987	\$ -	\$ -
H	5	15987	\$ -	\$ -
I	5	319749	\$ 21,25	\$ 13.813,18
J	4	12780	\$ -	\$ -
K	5	16198	\$ 21,25	\$ 809,90
L	5	259167	\$ 21,25	\$ 46.650,14
M	7	224667	\$ 29,75	\$ 17.973,33
N	5	64792	\$ 21,25	\$ 7.127,10
O	5	31975	\$ 21,25	\$ 2.238,25
P	5	64792	\$ 21,25	\$ 9.718,78
Q	5	64792	\$ 21,25	\$ 4.535,43
R	5	16198	\$ 21,25	\$ 1.619,80
		TOTAL	\$ 280,50	\$ 160.711,51

Material	ABRIL			
	Número de Pedidos	Cantidad de Pedido	Costo de pedir	Costo en Materiales
A	5	194057	\$ -	\$ -
B	4	12267	\$ 17,00	\$ 1.104,01
C	4	12267	\$ 17,00	\$ 22.570,96
D	4	12901	\$ -	\$ -
E	4	12267	\$ 17,00	\$ 18.400,24
F	4	12267	\$ 17,00	\$ 368,00
G	4	12852	\$ -	\$ -
H	4	12852	\$ -	\$ -
I	4	257035	\$ 17,00	\$ 11.103,90
J	5	15547	\$ -	\$ -
K	4	12129	\$ 17,00	\$ 606,43
L	4	194057	\$ 17,00	\$ 34.930,17
M	7	160186	\$ 29,75	\$ 12.814,90
N	4	48514	\$ 17,00	\$ 5.336,55
O	4	25703	\$ 17,00	\$ 1.799,24
P	5	56600	\$ 21,25	\$ 8.489,97
Q	4	48514	\$ 17,00	\$ 3.395,99
R	5	12129	\$ 21,25	\$ 1.212,85
	TOTAL		\$ 242,25	\$ 122.133,23

Material	MAYO			
	Número de Pedidos	Cantidad de Pedido	Costo de pedir	Costo en Materiales
A	4	16457	\$ -	\$ -
B	4	11455	\$ 17,00	\$ 1.030,93
C	5	17399	\$ 21,25	\$ 32.014,04
D	4	14030	\$ -	\$ -
E	4	11455	\$ 17,00	\$ 17.182,09
F	4	11455	\$ 17,00	\$ 343,64
G	4	14907	\$ -	\$ -
H	4	14907	\$ -	\$ -
I	4	298135	\$ 17,00	\$ 12.879,41
J	4	16457	\$ -	\$ -
K	4	16457	\$ 17,00	\$ 822,87
L	4	263318	\$ 17,00	\$ 47.397,20
M	6	218266	\$ 25,50	\$ 17.461,26
N	4	65829	\$ 17,00	\$ 7.241,24
O	5	38305	\$ 21,25	\$ 2.681,36
P	4	71331	\$ 17,00	\$ 10.699,58
Q	4	65829	\$ 17,00	\$ 4.608,06
R	4	16457	\$ 17,00	\$ 1.645,74
	TOTAL		\$ 238,00	\$ 156.007,40

Material	JUNIO			
	Número de Pedidos	Cantidad de Pedido	Costo de pedir	Costo en Materiales
A	4	17833	\$ -	\$ -
B	5	21559	\$ 21,25	\$ 1.940,29
C	4	15615	\$ 17,00	\$ 28.730,83
D	4	15615	\$ -	\$ -
E	5	21559	\$ 21,25	\$ 32.338,19
F	5	21559	\$ 21,25	\$ 646,76
G	5	18821	\$ -	\$ -
H	5	18821	\$ -	\$ -
I	5	376421	\$ 21,25	\$ 16.261,38
J	4	14575	\$ -	\$ -
K	4	14575	\$ 17,00	\$ 728,76
L	4	233203	\$ 17,00	\$ 41.976,52
M	7	227880	\$ 29,75	\$ 18.230,43
N	4	58301	\$ 17,00	\$ 6.413,08
O	4	29150	\$ 17,00	\$ 2.040,53
P	4	62600	\$ 17,00	\$ 9.389,93
Q	4	58301	\$ 17,00	\$ 4.081,05
R	4	14575	\$ 17,00	\$ 1.457,52
		TOTAL	\$ 250,75	\$ 164.235,28

Material	JULIO			
	Número de Pedidos	Cantidad de Pedido	Costo de pedir	Costo en Materiales
A	5	17968	\$ -	\$ -
B	4	14242	\$ 17,00	\$ 1.281,78
C	4	14242	\$ 17,00	\$ 26.205,24
D	5	16560	\$ -	\$ -
E	4	14242	\$ 17,00	\$ 21.362,97
F	4	14242	\$ 17,00	\$ 427,26
G	4	12006	\$ -	\$ -
H	4	12006	\$ -	\$ -
I	4	240115	\$ 17,00	\$ 10.372,95
J	5	14904	\$ -	\$ -
K	5	14904	\$ 21,25	\$ 745,18
L	5	238457	\$ 21,25	\$ 42.922,24
M	7	198302	\$ 29,75	\$ 15.864,19
N	5	59614	\$ 21,25	\$ 6.557,56
O	4	24011	\$ 17,00	\$ 1.680,80
P	4	41729	\$ 17,00	\$ 6.259,29
Q	5	59614	\$ 21,25	\$ 4.173,00
R	5	14904	\$ 21,25	\$ 1.490,36
		TOTAL	\$ 255,00	\$ 139.342,82

Material	AGOSTO			
	Número de Pedidos	Cantidad de Pedido	Costo de pedir	Costo en Materiales
A	4	10432	\$ -	\$ -
B	4	10432	\$ 17,00	\$ 938,89
C	5	15215	\$ 21,25	\$ 27.994,76
D	4	12896	\$ -	\$ -
E	5	15215	\$ 21,25	\$ 22.821,82
F	4	15215	\$ 17,00	\$ 456,44
G	4	13984	\$ -	\$ -
H	4	13984	\$ -	\$ -
I	5	359382	\$ 21,25	\$ 15.525,31
J	4	15071	\$ -	\$ -
K	4	15071	\$ 17,00	\$ 753,56
L	4	241141	\$ 17,00	\$ 43.405,30
M	6	200123	\$ 25,50	\$ 16.009,84
N	4	60285	\$ 17,00	\$ 6.631,37
O	5	35938	\$ 21,25	\$ 2.515,68
P	5	76226	\$ 21,25	\$ 11.433,96
Q	4	60285	\$ 17,00	\$ 4.219,96
R	4	15071	\$ 17,00	\$ 1.507,13
	TOTAL		\$ 250,75	\$ 154.214,02

Material	SEPTIEMBRE			
	Número de Pedidos	Cantidad de Pedido	Costo de pedir	Costo en Materiales
A	4	16738	\$ -	\$ -
B	5	20227	\$ 21,25	\$ 1.820,41
C	4	15444	\$ 17,00	\$ 28.417,74
D	4	15444	\$ -	\$ -
E	4	15444	\$ 17,00	\$ 23.166,64
F	5	15444	\$ 21,25	\$ 463,33
G	5	17738	\$ -	\$ -
H	5	17738	\$ -	\$ -
I	4	275060	\$ 17,00	\$ 11.882,60
J	4	13753	\$ -	\$ -
K	4	13753	\$ 17,00	\$ 687,65
L	4	220048	\$ 17,00	\$ 39.608,67
M	6	218442	\$ 25,50	\$ 17.475,32
N	4	55012	\$ 17,00	\$ 6.051,33
O	4	27506	\$ 17,00	\$ 1.925,42
P	4	58606	\$ 17,00	\$ 8.790,92
Q	4	55012	\$ 17,00	\$ 3.850,84
R	4	13753	\$ 17,00	\$ 1.375,30
	TOTAL		\$ 238,00	\$ 145.516,19

Material	OCTUBRE			
	Número de Pedidos	Cantidad de Pedido	Costo de pedir	Costo en Materiales
A	4	14652	\$ -	\$ -
B	3	11163	\$ 12,75	\$ 1.004,68
C	4	15193	\$ 17,00	\$ 27.955,84
D	4	15193	\$ -	\$ -
E	4	15193	\$ 17,00	\$ 22.790,08
F	3	15193	\$ 12,75	\$ 455,80
G	3	12273	\$ -	\$ -
H	3	12273	\$ -	\$ -
I	4	312627	\$ 17,00	\$ 13.505,49
J	4	15631	\$ -	\$ -
K	5	18318	\$ 21,25	\$ 915,91
L	5	293092	\$ 21,25	\$ 52.756,49
M	7	223389	\$ 29,75	\$ 17.871,09
N	4	62525	\$ 17,00	\$ 6.877,79
O	4	31263	\$ 17,00	\$ 2.188,39
P	4	53738	\$ 17,00	\$ 8.060,63
Q	5	73273	\$ 21,25	\$ 5.129,10
R	5	18318	\$ 21,25	\$ 1.831,82
	TOTAL		\$ 242,25	\$ 161.343,12

Material	NOVIEMBRE			
	Número de Pedidos	Cantidad de Pedido	Costo de pedir	Costo en Materiales
A	4	13434	\$ -	\$ -
B	4	13434	\$ 17,00	\$ 1.209,09
C	4	13857	\$ 17,00	\$ 25.497,26
D	4	13857	\$ -	\$ -
E	4	13857	\$ 17,00	\$ 20.785,81
F	4	13857	\$ 17,00	\$ 415,72
G	4	14210	\$ -	\$ -
H	4	14210	\$ -	\$ -
I	4	291238	\$ 17,00	\$ 12.581,50
J	4	14562	\$ -	\$ -
K	4	14844	\$ 17,00	\$ 742,19
L	4	237501	\$ 17,00	\$ 42.750,16
M	6	202880	\$ 25,50	\$ 16.230,42
N	5	58248	\$ 21,25	\$ 6.407,25
O	4	29124	\$ 17,00	\$ 2.038,67
P	4	59375	\$ 17,00	\$ 8.906,28
Q	4	59375	\$ 17,00	\$ 4.156,27
R	4	14844	\$ 17,00	\$ 1.484,38
	TOTAL		\$ 233,75	\$ 143.205,01

Material	DICIEMBRE			
	Número de Pedidos	Cantidad de Pedido	Costo de pedir	Costo en Materiales
A	4	14844	\$ -	\$ -
B	4	14844	\$ 17,00	\$ 1.335,94
C	3	10391	\$ 12,75	\$ 19.118,82
D	3	10391	\$ -	\$ -
E	3	10391	\$ 12,75	\$ 15.586,00
F	4	10391	\$ 17,00	\$ 311,72
G	2	6680	\$ -	\$ -
H	2	6680	\$ -	\$ -
I	1	59375	\$ 4,25	\$ 2.565,01
J	1	2969	\$ -	\$ -
K	0	0	\$ -	\$ -
L	0	0	\$ -	\$ -
M	3	51953	\$ 12,75	\$ 4.156,27
N	1	11875	\$ 4,25	\$ 1.306,25
O	1	5938	\$ 4,25	\$ 415,63
P	0	0	\$ -	\$ -
Q	0	0	\$ -	\$ -
R	0	0	\$ -	\$ -
	TOTAL		\$ 85,00	\$ 44.795,64

ANEXO 4

El anexo 4 presenta los datos vectoriales y matriciales necesarios para la correcta programación del modelo en el software LINGO. En la tabla contigua se presenta los datos vectoriales tales como costo de mantener, exactitud en el inventario, inventario inicial anual, costo de pedir, demanda anual y lead time.

	Costo de mantener	Exactitud del inventario	Inventario Inicial anual	Costo de Pedir	Demanda Anual	Lead Time
	H	E	INVII	CP	DEM	LT
A	0,0360	0,9000	0,0000	0,0000	175966,8259	0,2000
B	0,0017	0,9000	2753,0000	4,2500	175966,8259	0,0500
C	0,0339	0,9000	2753,0000	4,2500	175966,8259	0,1500
D	0,0360	0,9000	2753,0000	0,0000	175966,8259	0,2500
E	0,0276	0,9000	2753,0000	4,2500	175966,8259	0,1000
F	0,0020	0,9000	2753,0000	4,2500	175966,8259	0,0500
G	0,0360	0,9000	9637,0000	0,0000	175966,8259	0,3000
H	0,0360	0,9000	9637,0000	0,0000	175966,8259	0,3000
I	0,0159	0,9000	192734,0000	4,2500	3519336,5180	0,0500
J	0,0360	0,9000	9637,0000	0,0000	175966,8259	0,1500
K	0,0018	0,9000	13079,0000	4,2500	175966,8259	0,2500
L	0,0641	0,9000	261068,0000	4,2500	3519336,5180	0,2500
M	0,0244	0,9000	148681,0000	4,2500	2463535,5626	0,2500
N	0,0076	0,9000	38547,0000	4,2500	703867,3036	0,2000
O	0,0025	0,9000	19273,0000	4,2500	351933,6518	0,1000
P	0,0102	0,9000	52314,0000	4,2500	703867,3036	0,1500
Q	0,0046	0,9000	52314,0000	4,2500	703867,3036	0,1000
R	0,0009	0,9000	13078,0000	4,2500	175966,8259	0,1000

También se tiene la matriz de requerimiento de materiales i con los padres j.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	0	0	16	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M	0	0	0	0	0	5	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
Q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Por último está la matriz de demanda por periodos y por cada material:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
A	14455	13714	14757	12990	14150	17833	15650	12750	16738	14652	13434	14844
B	14455	13714	14757	12990	14150	17833	15650	12750	16738	14652	13434	14844
C	14455	13714	14757	12990	14150	17833	15650	12750	16738	14652	13434	14844
D	14455	13714	14757	12990	14150	17833	15650	12750	16738	14652	13434	14844
E	14455	13714	14757	12990	14150	17833	15650	12750	16738	14652	13434	14844
F	14455	13714	14757	12990	14150	17833	15650	12750	16738	14652	13434	14844
G	14455	13714	14757	12990	14150	17833	15650	12750	16738	14652	13434	14844
H	14455	13714	14757	12990	14150	17833	15650	12750	16738	14652	13434	14844
I	289101	274285	295130	259801	282999	356653	312998	255008	334767	293031	268688	296876
J	14455	13714	14757	12990	14150	17833	15650	12750	16738	14652	13434	14844
K	14455	13714	14757	12990	14150	17833	15650	12750	16738	14652	13434	14844
L	289101	274285	295130	259801	282999	356653	312998	255008	334767	293031	268688	296876
M	202371	192000	206591	181860	198099	249657	219098	178506	234337	205121	188081	207813
N	57820	54857	59026	51960	56600	71331	62600	51002	66953	58606	53738	59375
O	28910	27429	29513	25980	28300	35665	31300	25501	33477	29303	26869	29688
P	57820	54857	59026	51960	56600	71331	62600	51002	66953	58606	53738	59375
Q	57820	54857	59026	51960	56600	71331	62600	51002	66953	58606	53738	59375
R	14455	13714	14757	12990	14150	17833	15650	12750	16738	14652	13434	14844