



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

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

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

TEMA:

**“PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN PARA EL PROCESO DE APARADO
EN INDUSTRIAS MANUFACTURERAS DE CALZADO DE CUERO”**

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

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Gestión de sistemas de planeación y control de la producción de bienes industriales.

AUTOR: Evelyn Alexandra Armendáriz Carvajal.

PROFESOR REVISOR: Ing. John Paúl Reyes Vásquez, Mg.

Ambato – Ecuador

Enero 2017

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Trabajo de Titulación sobre el tema: “PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN PARA EL PROCESO DE APARADO EN INDUSTRIAS MANUFACTURERAS DE CALZADO DE CUERO”, elaborado por la señorita Evelyn Alexandra Armendáriz Carvajal, 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 enero, 2017

EL TUTOR

.....
Ing. John Paúl Reyes Vásquez Mg.

AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: “PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN PARA EL PROCESO DE APARADO EN INDUSTRIAS MANUFACTURERAS DE CALZADO DE CUERO”, es absolutamente original, personal y auténtico por lo que el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato enero, 2017

.....

Evelyn Alexandra Armendáriz Carvajal

CC: 1805060652

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 enero, 2017

.....

Evelyn Alexandra Armendáriz Carvajal

CC: 1805060652

APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes calificadores, revisó y aprobó el Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN PARA EL PROCESO DE APARADO EN INDUSTRIAS MANUFACTURERAS DE CALZADO DE CUERO”, presentado por la señorita Evelyn Alexandra Armendáriz Carvajal, 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. Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Mg.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....
Ing. Christian J. Mariño R., Mg.

DOCENTE CALIFICADOR

.....
Ing. César A. Rosero M., Mg.

DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

El presente trabajo esta dedicado en primer lugar a Dios por bendecirme en cada momento y por darme la fuerza para seguir adelante y alcanzar esta meta.

A mis padres Margoth y Lenin por todo el apoyo y amor incondicional, por enseñarme la importancia de ser siempre humilde, honesta y responsable. Por su esfuerzo y dedicación ha sido posible culminar esta etapa de mi vida.

A mis hermanos por todo el amor que me han dado y por quedarse siempre a mi lado, siendo mi apoyo y motivo para luchar cada día.

A mi novio Edison por todo el amor y apoyo que me ha dado en cada paso, por ser ante todo mi mejor amigo y recordarme que con esfuerzo y la bendición de Dios todo es posible.

Evelyn Alexandra Armendáriz Carvajal

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la oportunidad de alcanzar esta meta y acompañarme en cada paso que doy.

A la Universidad Técnica de Ambato y a la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial junto con su cuerpo docente, quienes han compartido sus conocimientos conmigo formando parte importante de mi formación como profesional.

Al Ing. John Reyes Vásquez por ser un guía para el desarrollo del presente proyecto y ofrecerme su tiempo, dedicación y valiosos conocimientos que me han ayudado a culminar con éxito esta etapa estudiantil.

A mi familia y amigos por los consejos, cariño y apoyo brindado durante mi etapa universitaria.

Evelyn Alexandra Armendáriz Carvajal

ÍNDICE DE CONTENIDO

APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
RESUMEN	xix
ABSTRACT.....	xx
GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ACRÓNIMOS.....	xxi
INTRODUCCIÓN.....	xxiii
CAPÍTULO I	1
1.1. Tema.....	1
1.2. Planteamiento del Problema.....	1
1.3. Delimitación:.....	3
1.3.1. Delimitación de Contenidos	3
1.3.2. Delimitación Espacial.....	4
1.3.3. Delimitación Temporal.....	4
1.4. Justificación.....	4
1.5. Objetivos:	5
1.5.1. Objetivo General	5
1.5.2. Objetivo Especifico	5
CAPÍTULO II	7
MARCO TEORICO	7
2.1 Antecedentes Investigativos.....	7
2.2 Fundamentación Teórica.....	9
2.2.1 Aparado de Calzado	9

2.2.2 Sistemas de Producción.....	9
2.2.3 Estrategias Basadas en el Flujo	10
2.2.4 Análisis de Operaciones	11
2.2.5 Sistema Pull de Producción.....	11
2.2.6 Clasificación ABC.....	12
2.2.7 Pronóstico	12
2.2.8 La Teoría de Restricciones	14
2.2.9 Planeación Agregada.....	15
2.2.10 Jornadas de Trabajo Según el Código del Trabajo	16
2.2.11 Medición de la productividad.....	18
2.2.12 Medidas de Tendencia Central	18
2.2.13 Capacidad de Producción	19
2.2.14 Celda de Manufactura.....	19
2.2.15 Trabajadores flexibles	19
2.2.16 Diagramas de Gantt.....	19
2.3 Propuesta de Solución.....	20
CAPÍTULO III.....	21
METODOLOGÍA.....	21
3.1 Modalidad Básica de la Investigación.....	21
3.1.1 Bibliográfica - Documental	21
3.1.2 De Campo	21
3.1.3 Experimental.....	21
3.2 Población y Muestra.....	22
3.3. Recolección de Información	22
3.4. Procesamiento y Análisis de Datos	23
3.5. Desarrollo del Proyecto.....	23
CAPÍTULO IV	25
DESARROLLO DE LA PROPUESTA	25
4.1 Análisis del Proceso de Producción de Calzado de Cuero.....	25
4.1.1 Cadena de Valor	25

4.1.2 Mapa de Procesos	28
4.1.3 Proceso de Elaboración de Calzado de Cuero	30
4.1.4 Diagrama Sinóptico del Proceso	31
4.1.5 Aplicación de la Entrevista.....	33
4.2 Análisis ABC de las empresas	35
4.3 Estudio de los Tiempos de Producción en Aparado para las Empresas A y B	48
4.3.1 Levantamiento de Procesos de los Modelos de la Empresa A	48
4.3.2 Levantamiento de Procesos de los Modelos de la Empresa B	56
4.3.3 Estudio de Tiempos y Movimientos.....	61
4.3.4 Análisis de la Capacidad de Producción de las Empresas A y B.	64
4.3.5 Aplicación de la Teoría de Restricciones en las Empresas A y B.....	66
4.4 Estimación de la Demanda para la Programación de la Producción.....	68
4.4.1 Histórico de Ventas	68
4.4.2 Pronóstico de Ventas de las Empresas A y B.....	72
4.4.3 Planificación Agregada en las Empresas A y B	78
4.5 Sincronización de la Producción.....	87
4.5.1 Sistema de Planificación Basado en el Principio Pull.....	87
4.5.2 Modelo de planificación de la producción propuesto para el área de aparato.....	88
4.5.3 Orden de Producción.....	89
4.5.4 Determinación del Número de Operadores Necesarios para cada Operación.....	95
4.6 Experimentación del Modelo de Planeación de la Producción en Aparado	101
4.6.1 Cálculos de Turnos a Utilizar	101
4.6.2 Programación de la Producción.....	112
4.6.3 Diagrama de Gantt de la Producción Trimestral	121
4.6.4 Análisis de Consumos	123
4.7 Análisis de Resultados	128
4.7.1 Medición del error del pronóstico	128
4.7.2 Cálculo de la Eficiencia de la Producción.....	134
4.7.3 Cálculo de la Productividad Laboral	136
4.7.4 Cálculo de los Costos por el Tiempo Total de Horas Trabajadas al Mes por Empresa	140

4.7.5 Eficacia del modelo propuesto	142
4.8 Integración al Proyecto Propuesto por la FISEI.....	143
CAPÍTULO V	146
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	146
5.1 Conclusiones	146
5.2 Recomendaciones.....	148
ANEXOS	152
Anexo 1: Listado de Empresas Pertenecientes a la CALTU.....	152
Anexo 2: Formato de Entrevista	154
Anexo 3: Gráficas de Pronóstico de los Modelos	155
Anexo 4: Guía de Usuario.....	157
Anexo 5: Diseño del Macros Hoja Excel Turnos.....	163

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Listado de modelos de calzado ofertados en la Empresa A.....	35
Tabla 2. Clasificación ABC de modelos Empresa A.....	38
Tabla 3. Productos ofertados por la Empresa "B"	44
Tabla 4. Clasificación ABC de Modelos - Empresa B	45
Tabla 5. Levantamiento de procesos de aparado del modelo casual en rayado de cortes - Empresa A.....	48
Tabla 6. Levantamiento de procesosde aparado del modelo casual en serigrafiado de cortes - Empresa A	49
Tabla 7. Levantamiento de procesos de aparado del modelo casual en aparado de talón - Empresa A.....	49
Tabla 8. Levantamiento de procesos de aparado del modelo casual en aparado de capellada - Empresa A	50
Tabla 9. Levantamiento de procesos de aparado del modelo casual en aparado delengüetas - Empresa A	50
Tabla 10. Levantamiento de procesos de aparado del modelo casual en cerrado de corte - Empresa A.....	51
Tabla 11. Levantamiento de procesos de aparado del modelo casual en embolsado de corte - Empresa A	51
Tabla 12. Levantamiento de procesos de aparado del modelo casual en terminado – Empresa A.....	52
Tabla 13. Levantamiento de procesos de aparado modelo deportivo en destallado de cortes - Empresa A	52
Tabla 14. Levantamiento de procesos de aparado del modelo deportivo en rayado de cortes- Empresa A.....	53
Tabla 15. Levantamiento de procesos de aparado del modelo deportivo en aparado de talón- Empresa A	53
Tabla 16. Levantamiento de procesos de aparado modelo deportivo en aparado de capellada - Empresa A	54

Tabla 17. Levantamiento de procesos de aparado del modelo deportivo en aparado lengüeta - Empresa A.....	54
Tabla 18. Levantamiento de procesos de aparado del modelo deportivo en cerrado de corte - Empresa A	55
Tabla 19. Levantamiento de procesos de aparado modelo deportivo en embolsado de corte - Empresa A	55
Tabla 20. Levantamiento de procesos de aparado del modelo deportivo en terminado	56
Tabla 21. Levantamiento de procesos de aparado del modelo seguridad en destallar cortes - Empresa B.....	56
Tabla 22. Levantamiento de procesos de aparado del modelo de seguridad en rayar cortes - Empresa B.....	57
Tabla 23. Levantamiento de procesos de aparado del modelo de seguridad en aparado de talón – Empresa B.....	57
Tabla 24. Levantamiento de procesos de aparado del modelo de seguridad en armando de capellada - Empresa B	58
Tabla 25. Levantamiento de procesos de aparado del modelo de seguridad en cerrado de corte – Empresa B.....	58
Tabla 26. Levantamiento de procesos de aparado del modelo de seguridad en embolsado de cortes.....	59
Tabla 27. Levantamiento de procesos de aparado del modelo de seguridad en terminado - Empresa B.....	59
Tabla 28. Levantamiento de procesos de aparado del modelo de seguridad a inyección en preparación de cortes – Empresa B.....	60
Tabla 29. Levantamiento de procesos de aparado del modelo de seguridad a inyección en conformado de talón – Empresa B.....	60
Tabla 30. Levantamiento de procesos de aparado del modelo de seguridad a inyección en coser plantilla al corte - Empresa B.....	61
Tabla 31. Resumen del estudio de tiempos - Modelo casual – Empresa A.....	62
Tabla 32. Resumen del estudio de tiempos - Modelo deportivo – Empresa A.....	62
Tabla 33. Resumen del estudio de tiempos - Modelo seguridad – Empresa B.....	63
Tabla 34. Resumen del estudio de tiempos - Modelo seguridad línea strobel– Empresa B	63

Tabla 35. Cálculo de capacidades modelo casual – Empresa A.....	65
Tabla 36. Cálculo de capacidades modelo deportivo – Empresa A.....	65
Tabla 37. Cálculo de capacidades modelo seguridad industrial – Empresa B.....	66
Tabla 38. Cálculo de capacidades modelo seguridad industrial a inyección – Empresa B .	66
Tabla 39. Histórico de Ventas Empresa A.....	69
Tabla 40. Histórico de Ventas de la Empresa B	71
Tabla 41. Cálculo del Factor Estacional del Modelo Casual - Empresa A.....	74
Tabla 42. Desestacionalización de Datos Modelo Casual – Empresa A	74
Tabla 43. Análisis de Regresión Lineal para los Datos Desestacionalizados del Modelo Casual.....	75
Tabla 44. Pronóstico de regresión con ajuste estacional modelo casual – Empresa A.....	76
Tabla 45. Pronóstico de regresión con ajuste estacional de los diferentes modelos de la Empresa A.....	77
Tabla 46. Pronóstico de regresión con ajuste estacional de los diferentes modelos de la Empresa B.....	78
Tabla 47. Cálculo costo por hora de trabajo	79
Tabla 48. Plan 1: Mano de obra baja y constante, subcontratación – Empresa A	82
Tabla 49. Plan 2: Mano de obra constante, tiempo extra – Empresa A.....	83
Tabla 50. Plan 1: Mano de obra baja y constante, subcontratación – Empresa B	84
Tabla 51. Plan 2: Mano de obra constante, tiempo extra – Empresa B	85
Tabla 52. Costos de planes agregados propuestos – Empresa A	86
Tabla 53. Costos de planes agregados propuestos – Empresa	86
Tabla 60. Número de trabajadores por célula modelo casual – Empresa A	97
Tabla 61. Número de trabajadores por célula modelo deportivo – Empresa A.....	97
Tabla 62. Número de trabajadores por célula modelo seguridad industrial – Empresa B...	98
Tabla 63. Número de trabajadores por célula modelo seguridad strobel – Empresa B	98
Tabla 64. Número de células de manufactura requeridas – Empresa A	99
Tabla 65. Número de células de manufactura requeridas – Empresa B	100
Tabla 66. Cálculo de turnos del mes de Junio – Empresa A.....	104
Tabla 67. Cálculo de turnos del mes de Julio – Empresa A	105
Tabla 68. Cálculo de turnos del mes de Agosto – Empresa A.....	107

Tabla 69. Cálculo de turnos del mes de Junio – Empresa B.....	108
Tabla 70. Cálculo de turnos del mes de Julio – Empresa B.....	109
Tabla 71. Cálculo de turnos del mes de Agosto – Empresa B.....	111
Tabla 72. Programación diaria de producción en aparato de los meses de Junio a Agosto del 2016 – Empresa A.....	115
Tabla 73. Programación diaria de producción en aparato de los meses de Junio a Agosto del 2016 – Empresa B.....	118
Tabla 74. Análisis de Consumo de Materiales del trimestre de Junio a Agosto del 2016 - Modelo Casual de Hombre– Empresa A	124
Tabla 75. Análisis de Consumo de Materiales del trimestre de Junio a Agosto del 2016 – Modelo Deportivo de Mujer – Empresa A	125
Tabla 76. Análisis de Consumo de Materiales del trimestre de Junio a Agosto del 2016 – Modelo Seguridad Industrial – Empresa B.....	126
Tabla 77. Análisis de Consumo de Materiales del trimestre de Junio a Agosto del 2016 – Modelo Seguridad Industrial a Inyección – Empresa B	127
Tabla 78. Cálculo del Error Medio Absoluto (MAPE) de Junio a Diciembre del 2016 – Empresa A.....	129
Tabla 79. Cálculo del MAD y SS de Junio a Diciembre del 2016- Empresa A.....	130
Tabla 80. Costo de Producción Excesiva por Proyecciones - Empresa A.....	131
Tabla 81. Cálculo del Error Medio Absoluto (MAPE) de Junio a Diciembre del 2016– Empresa B.....	132
Tabla 82. Cálculo del MAD y SS de Junio a Diciembre del 2016 - Empresa B	132
Tabla 83. Costo de Producción Excesiva por Proyecciones - Empresa B.....	134
Tabla 84. Cálculo de eficiencia del modelo propuesto en la Empresa A de Junio a Diciembre del 2016.....	135
Tabla 85. Cálculo de eficiencia del modelo propuesto en la Empresa B de Junio a Diciembre del 2016.....	136
Tabla 86. Cálculo de productividad laboral de aparato actual y propuesta de Junio a Diciembre del 2016 en la Empresa A.....	137
Tabla 87. Cálculo de productividad laboral de aparato actual y propuesta de Junio a Diciembre del 2016 en la Empresa B	139

Tabla 88. Cálculo de Costos del Tiempo de Fabricación en Aparado – Recursos Actuales y Propuestos de Junio a Diciembre del 2016 en la Empresa A	140
Tabla 89. Cálculo de Costos del Tiempo de Fabricación en Aparado – Recursos Actuales y Propuestos de Junio a Diciembre del 2016 en la Empresa B.....	141
Tabla 90. Eficacia del Modelo en la Empresa A	142
Tabla 91. Eficacia del Modelo en la Empresa B.....	142

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Cadena de valor de industrias productoras de calzado en Tungurahua.....	26
Fig. 2. Mapa de procesos de la Empresa A	29
Fig. 3. Mapa de procesos de la Empresa B.....	30
Fig. 4. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de calzado Empresa A	32
Fig. 5. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de calzado Empresa B	33
Fig. 6. Análisis ABC de los Productos de la Empresa A.....	43
Fig. 7. Análisis ABC de los Productos de la Empresa B.....	47
Fig. 8. Análisis del Histórico de Ventas de la Empresa A.....	70
Fig. 9. Análisis del Histórico de Ventas de la Empresa B.....	72
Fig. 10. Estacionalidad del pronóstico mensual modelo casual – Empresa A	77
Fig. 11. Diagrama del modelo de planificación propuesto	89
Fig. 12. Hojas de cálculo 1 - Recepción de pedidos.....	90
Fig. 13. Hoja de cálculo 2 - Ingreso del estudio de tiempos.....	95
Fig. 14. Hoja de cálculo 3 - Cálculo del RRHH.....	96
Fig. 15. Hoja de Cálculo 4 - Cálculo de Turnos de Trabajo.....	101
Fig. 17. Hoja de Cálculo 5 - Programación Diaria de la Producción	112
Fig. 18. Cronograma de producción de Junio a Agosto del 2016 – Empresa A.....	122
Fig. 19. Cronograma de producción de Junio a Agosto del 2016 – Empresa B.....	122
Fig. 20. Desviación Media Absoluta de Junio a Diciembre del 2016- Empresa A.....	130
Fig. 21. Señal de seguimiento de Junio a Diciembre del 2016 - Empresa A	131
Fig. 22. Desviación Media Absoluta de Junio a Diciembre del 2016 - Empresa B	133
Fig. 23. Señal de seguimiento de Junio a Diciembre del 2016- Empresa B.....	133
Fig. 24. Variación de capacidad mensual de producción utilizada y programada en la Empresa A de Junio a Diciembre del 2016.....	135
Fig. 25. Variación de capacidad mensual de producción utilizada y programada en la Empresa A.....	136
Fig. 26. Variación de productividad real y propuesta de Junio a Diciembre del 2016 en la Empresa A.....	138

Fig. 27. Variación de productividad real y propuesta de Junio a Diciembre del 2016 en la Empresa B.....	139
Fig. 28. Ingreso de la orden de producción	143
Fig. 29. Capacidad real ponderada de producción	144
Fig. 30. Cronograma de actividades	145

RESUMEN

La elaboración del estudio aplica diversas herramientas que analizan cada actividad que tiene lugar en el proceso de fabricación de aparado en dos empresas productoras de calzado, de manera que los procesos se optimicen generando mayores beneficios a las organizaciones. En el proyecto se desarrolla un estudio ABC, un modelo de planificación de la producción y la programación diaria de órdenes de pedidos de manera que se analicen las variaciones que se presentan en cada empresa.

Con fines de experimentación, el desarrollo de la investigación tiene lugar sobre dos las empresas pertenecientes a la Cámara de Calzado de Tungurahua (CALTU); iniciando con la identificación de los recursos restringidos existente en el sub ensamble, así como los métodos que permiten explotarlos, de manera que se calcule la capacidad real de producción de varios modelos en una misma jornada, definiendo la cantidad de turnos requeridos para satisfacer la demanda solicitada por montaje.

El modelo de planificación propuesto presenta considerables mejoras, evidenciadas con el incremento de eficiencia, productividad y reducción de costos generados al comparar la situación actual de la empresa en el período de Junio a Diciembre del 2016 y los resultados generados con las variaciones de los recursos que sugiere el modelo planteado; obteniendo que la Empresa A incrementa su eficiencia entre un 5% y 16%, mientras que la Empresa B incrementa un 5% al 10%, en lo que respecta a la productividad se registra un crecimiento del 33% al 50% para las dos empresas mediante el uso del modelo desarrollado.

ABSTRACT

The development of the study applies various tools to analyze each activity in the trimming manufacturing process for its conventional and strobel manufacturing lines, so the processes are optimized generating greater benefits to the footwear industries. In the project, a production planning model of the trimming area is developed that can be applied to any company, considering all the parameters of the sub assembly.

For experimental purposes, the development of the research takes place in one of the companies belonging to the Tungurahua Footwear Chamber (CALTU), starting with the identification of the constraint resources existing in the sub assembly, as well as the methods that allow to exploit them, so as to calculate the real production capacity of several models in the same day, defining the number of shifts required to satisfy demand requested by assembly.

The proposed planning model presents significant improvements, evidenced by the increase of efficiency, productivity and cost reduction generated by comparing the current situation of the company in the period from June to December of 2016 and the results generated with the variations of the resources that Suggests the model proposed; obtaining that Company A increases its efficiency between 5% and 16%, while Company B increases by 5% to 10%, in terms of productivity there is a growth of 33% to 50% for the two companies through the use of the developed model.

GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ACRÓNIMOS

TÉRMINOS

Eficiencia: La eficiencia comprende un sistema de pasos e instrucciones con los que se puede garantizar calidad en el producto final de cualquier tarea.

Eficacia: Capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera.

Capacidad instalada: La capacidad instalada es el potencial de producción o volumen máximo de producción que una empresa en particular, unidad, departamento o sección puede lograr durante un período de tiempo determinado, teniendo en cuenta todos los recursos que tienen disponibles.

Células de manufactura: Se refiere a un área dedicada a la fabricación de productos que requieren procesamientos similares. Se diseñan para desempeñar un conjunto específico de procesos, y se dedican a una variedad limitada de productos.

Productividad: La productividad es la relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción.

Teoría de restricciones: Es una serie de herramientas de gestión con la finalidad de lograr procesos de mejoramiento continuo.

Indices de producción: Es un indicador que mide el comportamiento de la producción generada por la industria manufacturera en el corto plazo.

Subcontratar: Es la contratación que una empresa hace de otra empresa, para que ésta última realice parte de los servicios por los que la primera ha sido contratada directamente.

Planeación agregada: La planeación agregada aborda la determinación de la fuerza laboral, la cantidad de producción, los niveles de inventario y la capacidad externa, con el objetivo de satisfacer los requerimientos para un horizonte de planificación de medio plazo (6 a 18 meses).

Diagrama de Gantt: Es una herramienta que le permite al usuario modelar la planificación de las tareas necesarias para la realización de un proyecto.

ACRÓNIMOS

FISEI: Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial

CALTU: Cámara de Calzado de Tungurahua

CP: Capacidad de producción

TB: Tiempo básico

TS: Tiempo estandar

TAM: Tiempo manual

TM: Tiempo máquina

TPD: Tiempo de producción por día

HN: Hora normal

HP: Hora de producción

HD: Hora por día

PL: Productividad laboral

MAPE: Porcentaje de error medio absoluto

MAD: Desviación media absoluta

SS: Señal de Seguimiento

INTRODUCCIÓN

Uno de los factores más importantes para una organización se centra en la planificación y programación de la producción, cuyas acciones consisten en coordinar la realización de trabajos y actividades de una empresa con el propósito de reducir los costos directos e indirectos del proceso y los tiempos de entrega del bien o producto. Mediante la elaboración de planes y horarios de producción se busca generar un movimiento uniforme de los sub ensambles en base a la identificación del inicio y fin de actividades.

El desarrollo de la planificación de producción requiere considerar aspectos como la capacidad del personal, de maquinarias y condiciones del ambiente de trabajo, de manera que se incrementen la eficiencia, productividad y utilización de las instalaciones. Todo ello, influye directamente en la maximización del valor agregado del bien ofertado, y por ende en el éxito alcanzado por la organización en base a la asignación de recursos y tiempos de fabricación precisos para cada proceso.

La finalidad de la investigación planteada implica la oferta a las industrias productoras de calzado de un modelo de planificación de la producción dirigida al sub ensamble de aparado, en el cual se puedan planificar los recursos necesarios para satisfacer una determinada demanda considerando las políticas de producción del sub ensamble, así como las de troquelado y montaje generadas por otros investigadores.

Adicionalmente, se destaca que la propuesta evalúa las condiciones del área de aparado mediante pruebas de varios escenarios de producción que contemplan los recursos actuales y los propuestos para las empresas productoras de calzado participantes, optimizando el aprovechamiento de recursos y programación de pedidos.

CAPÍTULO I

1.1. Tema

“PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN PARA EL PROCESO DE APARADO EN INDUSTRIAS MANUFACTURERAS DE CALZADO DE CUERO”

1.2. Planteamiento del Problema

El proceso de planificación y programación de producción cumple un papel preponderante en la industria, ya que busca reducir costos y lograr altos niveles de productividad para que las organizaciones mejoren su competitividad. Es necesario, por tanto, que las empresas innoven no solo en sus procesos productivos sino también en sus herramientas de gestión [1]; para ello, toda organización industrial independientemente del producto que esta ofrezca en el mercado, debe optimizar sus índices de productividad en base a una serie de análisis de la actividad productiva para la posterior toma de decisiones cuyo enfoque es el continuo crecimiento empresarial.

A nivel mundial, uno de los sectores industriales más desarrollado hace referencia a la producción de calzado, pues muchos países de Latinoamérica tienen un perfil claramente importador. Solo Brasil y algunos países de Centroamérica son capaces de competir con éxito en los mercados internacionales. Por ejemplo, Venezuela, con una población de 29 millones de habitantes, produce 11 millones de zapatos al año e importa 70; Uruguay importa 10 veces más de lo que produce; Colombia, a pesar de ser uno de los mayores productores de América del Sur con 86 millones de pares anuales, apenas exporta 1 millón de pares y necesita 70 millones de zapatos para satisfacer la demanda interna [2].

Los datos mostrados destacan la importancia de aplicar medidas de mejora en el proceso de fabricación de calzado, de manera que haya oportunidades de crecimiento y de

desarrollo para la industria del calzado en América Latina respecto de otras regiones del mundo; por eso, el futuro de la industria del calzado depende de la creación de un producto innovador, otorgar buen servicio, calidad, una promoción agresiva y rápida respuesta a las demandas [3].

Según datos de la Cámara de Calzado de Tungurahua (CALTU), en el 2008 había 600 productores que sacaban al mercado 15 millones de pares; sin embargo, para el 2014 llegaron a más de 5 mil productores con 35 millones de pares producidos [4]. El notable desarrollo en el sector del calzado produce que el cliente demande productos de calidad a costos accesibles, para ello se establece como punto de interés el análisis de métodos de optimización del proceso productivo estableciendo así una ventaja competitiva relevante frente a un mercado cada vez más exigente.

La producción anual del sector calzado ecuatoriano es de 32 millones de pares de zapatos, que representan un monto de USD 560 millones en ventas, con un consumo per cápita de 2,13 pares por habitante, generando más de 100 mil fuentes de empleo directas e indirectas [5]. Sin embargo, el desarrollo industrial del sector manufacturero de calzado se ve afectado por una serie de eventos que influyen directamente sobre los resultados de la actividad laboral, tales como: entregas retrasadas de productos, incorrecta utilización de recursos y el ineficiente desarrollo de operaciones, complicando la toma de decisiones y reduciendo el margen de ganancia empresarial.

Lilia Villavicencio, de la Cámara de Calzado de Tungurahua, CALTU, que fabrica el 50% de la producción de zapatos en el Ecuador, reconoció que las políticas públicas y el esfuerzo del sector privado formaron parte del proceso de desarrollo del sector [5]. Este hecho enfatiza uno de los aspectos más importantes, el ordenamiento y planificación de la producción una vez que se han determinado factores como restricciones de producción y de operación considerando máquinas, herramientas y operarios; todo ello, con el fin de mejorar el proceso de producción conservando la calidad del producto y desarrollando la productividad y competitividad del sector en mención dentro del mercado nacional.

La sección de armado da origen a uno de los procesos más importantes dentro de la cadena de valor de la producción de calzado, debido a que en ella se ensamblan el

producto mediante el cosido las diferentes piezas procedentes del área de troquelado para posteriormente enviarlas al área de montaje.

En este proceso se establece que los retrasos e inconvenientes en el flujo de materiales entre departamentos son ocasionados por la inadecuada utilización de herramientas de planificación de la producción, hecho que influye a la vez en el ineficiente uso de los recursos e incremento de desperdicios durante el desarrollo de las actividades.

Las falencias en el desarrollo de la planificación de la producción ocasionan que la demanda del mercado no sea satisfecha bajo los términos establecidos, dado que los tiempos de producción aumentan haciendo más costoso el producto final. Dicho evento produce que las organizaciones sean menos competitivas pues los índices de productividad son desfavorables para la empresa.

El incorrecto análisis de las restricciones en el proceso de aparato genera continuos errores al desarrollar los pronósticos de ventas, así como su respectiva planeación agregada lo que limita considerablemente la capacidad de producción en la sección mencionada. Este hecho influye en el incremento de tiempos de fabricación, dado que se presentan problemas en la determinación de los tiempos de utilización de los equipos, herramientas y personal del lugar a tratar.

La ineficiente planificación y programación de la producción en la sección de aparato de calzado de cuero ocasiona continuos retrasos en la entrega del producto al cliente interno y el incumplimiento de las cantidades que se requieren producir, ya que no se definen correctamente los tiempos de fabricación y capacidad de producción diaria de cada producto; esta serie de hechos influyen en la reducción de la productividad y eficiencia del área de aparato.

1.3. Delimitación:

1.3.1. Delimitación de Contenidos

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.

1.3.2. Delimitación Espacial

El presente proyecto de investigación se realiza en empresas manufactureras pertenecientes a la Cámara de Calzado de Tungurahua (CALTU) que den apertura al desarrollo de la investigación, sin embargo debido a la confidencialidad solicitada por los organismos participantes se mantendrá en reserva sus nombres.

1.3.3. Delimitación Temporal

El proyecto de investigación se desarrolla en el periodo académico Abril 2016 – Enero 2017 a partir de la aprobación del Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

1.4. Justificación

La investigación de este tema fundamenta su desarrollo debido a que sus principales beneficiarios son las empresas productoras de calzado de cuero de la provincia de Tungurahua que pertenecen a la CALTU, dado que se les brinda la oportunidad de emplear un modelo que optimice la planificación de la producción y que influya en la eficiente administración de sus recursos, permitiendo que las organizaciones reduzcan los costos de producción en el proceso de armado.

El alcanzar un flujo uniforme en los procesos productivos se ha convertido en una de las mayores necesidades para el sector industrial; es por esta razón, que se resalta la importancia de desarrollar el proyecto propuesto, dado que permitirá a las organizaciones la minimización de los cuellos de botella ocasionados por la inadecuada administración de recursos y la presencia de actividades improductivas, lo que a su vez influye en la mejora de la productividad y tiempos de entrega del sub ensamble.

Resulta importante destacar que al aplicar métodos de optimización para la planificación y control de la producción, como se plantea en el presente proyecto, se facilita el análisis de las actividades del área de armado, identificando con mayor facilidad los posibles conflictos que impiden su desarrollo adecuado.

La adecuada planificación da apertura a la reducción de los precios finales del producto a ofertar, lo que permite que su ingreso se dé con mayor facilidad a un mercado cada vez más competitivo. Dicho evento, influye notablemente en el desarrollo de la organización dentro del Plan del Buen Vivir, pues se busca hacer de la industria de calzado tungurahuese un sector cada vez más productivo, influenciando directamente en el crecimiento económico del país.

En adición, se establece que la propuesta planteada para la programación de la producción en el área de aparato va a formar parte fundamental de un proyecto de investigación de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Técnica de Ambato referente a la optimización operacional basada en un sistema dinámico esbelto de alerta de fallas en los procesos de producción para las industrias de calzado de Tungurahua.

La elaboración del proyecto resulta factible de realizar dado que existe un amplio acceso a fuentes bibliográficas sobre la planificación y programación de la producción, además de que se cuenta con el respaldo de la CALTU y las organizaciones fabricantes de calzado asociadas a ésta, de manera que se facilita la toma de la información requerida del proceso.

Es así, que el estudio planteado representa un aporte fundamental para la carrera de Ingeniería en Procesos de Automatización de la Universidad Técnica de Ambato; además de otorgar a las industrias tungurahueses de calzado de cuero la oportunidad de mejorar su productividad y eficiencia mediante un modelo de planificación innovador.

1.5. Objetivos:

1.5.1. Objetivo General

Desarrollar un sistema de planificación de la producción para el proceso de aparato en industrias manufactureras de calzado de cuero.

1.5.2. Objetivo Especifico

- Analizar los procesos de producción para la elaboración de calzado de cuero en empresas seleccionadas de la CALTU.

- Estudiar los tiempos de producción del proceso de aparado en la fabricación calzado como requerimiento para la planificación de la producción.
- Estimar la demanda futura para la programación de producción en el proceso de aparado de calzado de cuero.
- Sincronizar la producción con la demanda del proceso de aparado para generar una carga uniforme en industrias manufactureras de calzado.
- Experimentar la programación de operaciones de producción del proceso de aparado de cuero para evaluar su eficacia.
- Integrar los resultados de esta investigación al proyecto optimización operacional basada en un sistema dinámico esbelto de alerta de fallas en los procesos de producción para las industrias de calzado.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes Investigativos

Una adecuada planificación, buen control de la producción y suministros juegan un papel fundamental en la gestión de una organización, debido a que afecta a los demás procesos de la empresa (procesos de compra, producción, mercado, etc.). Planear la producción permite programar la utilización de recursos (talento humano, máquinas, dinero) dentro de una organización. Por ello, es considerado un campo que debe abordarse principalmente desde la ingeniería industrial, para buscar la mejor forma de asignar recursos económicos, y así minimizar los costos del plan de producción, satisfaciendo las necesidades de los clientes internos y externos para poner en marcha la producción en un período determinado de manufactura [6].

La planeación estratégica de la producción ha ganado un importante papel en la actualidad, ya que contar con metodologías estructuradas que permitan anticiparse a eventos futuros constituye una valiosa herramienta, especialmente en tiempos en que la capacidad de innovar es un imperativo para lograr una ventaja competitiva [7]. En función a este hecho, se ha logrado definir un modelo determinístico de programación lineal que busca apoyar los procesos encaminados a la minimización de costos logísticos de transporte y producción, brindando directrices que soporten la toma de decisiones a través de la cadena de abastecimiento a mediano plazo [8].

Los cálculos de cada uno de los diferentes modelos de planes de producción permiten conocer cada una de las alternativas que la empresa puede utilizar para cumplir con determinada producción, en donde se puede comprobar la efectividad que tiene el emplear el modelo de programación lineal, el cual es una técnica sistemática e innovadora que mezcla cada una de las variables que intervienen en la producción, y

que además optimiza a detalle cada uno de los recursos que utiliza la empresa para elaborar un producto, para con esto reducir los costos que se tiene por cumplir con la producción [9].

En este modelo de optimización se consideran decisiones de asignación pieza-molde y molde-máquina, además del flujo de producción, respetando la limitante de tiempo de máquina, lo cual es vital para la programación de la producción. Las decisiones del modelo propuesto no se encontraron en ningún modelo integral de problemas de secuenciación, de asignación o de problemas complejos de ensamble [10]. Como un punto adicional, es importante considerar la aplicación de los buffers de inventario como una herramienta de gestión para el suministro de materia prima en la industria del calzado. Esto permite aumentar la competitividad y una disminución significativa de la inversión en materiales almacenados. Esta técnica basada en la visión integral logrará la optimización global del sistema dando importancia a los factores que impiden el éxito de las empresas [11].

En base a una serie de estudios se estableció que en diversos sectores productivos, el proceso de planificación y programación no está acompañado de herramientas de programación que permitan eficiencia y eficacia en el desarrollo de sus operaciones, por lo cual, es un campo abierto a la aplicación de la investigación de operaciones en dichos sectores [12]. Dentro del estudio de la planificación de la producción se ha llevado a cabo el diseño de un plan óptimo de producción en una planta, donde se identificaron las restricciones del sistema productivo para el desarrollo de un modelo matemático, siguiendo la metodología de la investigación de operaciones, específicamente la técnica de programación lineal, en conjunto con la teoría de restricciones. Dicho estudio permitió evidenciar una capacidad productiva no utilizada, a partir de lo cual se identificaron escenarios y oportunidades para el aprovechamiento de sus recursos [13].

Después de haber intercambiado ideas con expertos en materia de calzado sobre las deficiencias que afectan a los procesos en las empresas locales, se evidencia que la industria del calzado en el Ecuador se encuentra inmersa en procesos de tecnificación cada vez más avanzados. Existe un desarrollo en materia de diseño, variedad y especializaciones, estas exigencias conllevan a la conformación de estrategias para hacer frente a operación de sus procesos, en un entorno de desarrollo [14]. Por lo que

buscan la forma de planificar su producción eficientemente con la finalidad de optimizar sus recursos apoyándose en técnicas de planeación y herramientas informáticas, dentro de las que se pueden destacar los métodos de solución tradicionales y los de programación lineal. Los resultados indican que el método de programación lineal es más eficiente ya que permite optimizar los costos basándose en la solución tradicional de los modelos relacionados a la fuerza de trabajo, inventario y demanda, manteniendo una fuerza laboral constante, contrataciones, despidos eventuales y con una variación de inventario en altas de demanda [9].

2.2 Fundamentación Teórica

2.2.1 Aparado de Calzado

El objetivo del trabajo es realizar el ensamblado, mediante cosido de las diferentes partes que componen el zapato (excepto la suela), además de ciertas tareas auxiliares con los cortes (repassado de hilos, inspección de pieles, pegar piezas, clasificación del material cosido, etc.) [15].

En los puestos de trabajo, la secuencia frecuente de tareas suele ser similar a la siguiente:

- Preparar el material: Coger las piezas y organizar el pedido sobre la mesa de trabajo.
- Ajustar la máquina de coser: enhebrar la aguja, ajustar la fuerza y el tipo de puntada, etc.
- Coser las piezas: Colocar las piezas debajo de la aguja y coser las piezas accionando la máquina mediante los pedales de pie, rodilla y el volante.
- Revisar, retirar y clasificar las piezas cosidas.
- Realizar tareas auxiliares: encolado de piezas, recortar hilos o pequeñas piezas, etc [15].

2.2.2 Sistemas de Producción

En el sentido más amplio, un sistema de producción es cualquier actividad que produzca algo. Sin embargo, se definirá de manera más formal como aquello que toma un insumo y lo transforma en una salida o producto con valor inherente. Los sistemas de

producción se pueden dividir en dos clases: de manufactura y de servicios. En la manufactura, por lo general, los insumos y productos son tangibles, y con frecuencia la transformación es física. La mayor parte de los sistemas de producción son como los icebergs, la parte visible es sólo un pequeño fragmento del sistema. Para estudiar los sistemas de producción es necesario considerar muchos de sus componentes que incluyen productos, clientes, materia prima, proceso de transformación, trabajadores directos e indirectos y los sistemas formales e informales que organizan y controlan todo el proceso. Estas componentes llevan a acciones y decisiones que deben tomarse en cuenta para que un sistema de producción opere adecuadamente [16].

2.2.3 Estrategias Basadas en el Flujo

Existen fundamentalmente tres estrategias genéricas del área de producción y operaciones que están basadas en la estrategia de posicionamiento: fabricación para stock, ensamble para pedidos y fabricación por pedido.

- **Estrategia de fabricación para stock**

Las empresas focalizadas en el producto tienden a usar esta estrategia en la cual mantienen los ítems en stock de productos terminados para el despacho inmediato de los mismos. Esta estrategia permite reducir los tiempos de entrega logrando mayor satisfacción del cliente. Esta posición es particularmente factible debido a que la mayoría de las organizaciones que están focalizadas en el producto producen altos volúmenes en pocos productos estandarizados, por lo cual pueden razonablemente asegurar promedios.

En términos de producción en masa es muchas veces utilizado para definir a las organizaciones que utilizan una estrategia para stock, principalmente porque su medio ambiente es estable y predecible [17].

- **Estrategias de ensamble por órdenes**

Es una estrategia que permite elaborar productos con distintas opciones, cambiando algunos pocos ensambles o componentes después de que las ordenes han sido recibidas. Es una estrategia de posicionamiento intermedio muy aconsejable para este tipo de producciones ya que los componentes de grandes volúmenes y mayor cantidad de

ensambles pueden ser realizados con una estrategia focalizada en el producto, fundamentalmente al considerar que los componentes y los ensambles con bajos volúmenes pueden ser realizados con estrategias focalizadas en el proceso. Las operaciones mantienen ensambles y componentes en stock hasta que ingresa la orden del cliente, más tarde se ensambla el producto específico que el cliente desea [17].

- **Estrategias de fabricación por órdenes**

Muchas organizaciones que utilizan una estrategia de focalización en el proceso utilizan la estrategia de operaciones de fabricación por órdenes para las especificaciones de los clientes. Esta estrategia brinda a la empresa la oportunidad de tener un alto grado de personalización. Como la mayoría de los productos, componentes y ensambles son realizados a pedido, el proceso de producción tiene que ser lo suficientemente flexible como para acomodarse a la variedad [17].

2.2.4 Análisis de Operaciones

Los analistas de métodos utilizan el análisis de operaciones para estudiar todos los elementos productivos y no productivos de una operación, incrementar la productividad por unidad de tiempo y reducir los costos unitarios con el fin de conservar o mejorar la calidad.

Cuando se utiliza adecuadamente, el análisis de métodos desarrolla un mejor método para hacer el trabajo mediante la simplificación de procedimientos operativos y manejo de materiales y la utilización del equipo de una manera más eficaz. Por lo tanto, las compañías pueden incrementar la producción y reducir los costos unitarios; garantizar la calidad y reducir la mano de obra defectuosa; e incrementar el entusiasmo del operador a través de las mejoras a las condiciones de trabajo, la minimización de la fatiga y la obtención de salarios más atractivos [18].

2.2.5 Sistema Pull de Producción

El proceso de producción es básicamente un proceso de flujo. Primero se tiene un flujo físico (la materia prima), que es el producto semiterminado, se mueve de una estación de trabajo o de ensamble a otra. En cada una se hace algún procesamiento a la materia prima y los materiales se mueven a la siguiente estación en la secuencia de manufactura.

Así, se quiere mantener un flujo suave del producto en la línea, sin retrasos. La esencia del sistema de producción pull es hacer las cosas al principio del flujo solamente cuando se piden al final de éste. El punto terminal es el cliente. En un sistema de producción empujando los flujos físicos y de información van en la misma dirección [16].

2.2.6 Clasificación ABC

La estrategia ABC divide esta lista en tres grupos según el valor: las piezas A constituyen casi el 15% más alto de las piezas, las piezas B el 35% siguiente y las piezas C el último 50%. 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 inventario en cuestión y de la cantidad de tiempo del personal disponible (con más tiempo, una empresa definiría categorías A y B más extensas).

El propósito de clasificar las piezas en grupos es establecer el grado de control apropiado sobre cada uno. En forma periódica, por ejemplo, las piezas de la clase A quizás estén más controladas con pedidos semanales, las piezas B se podrían pedir cada dos semanas y las piezas C cada uno o dos meses [19].

2.2.7 Pronóstico

Los pronósticos son vitales para toda organización de negocios, así como para cualquier decisión importante de la gerencia. El pronóstico es la base de la planificación corporativa de largo plazo. En las áreas funcionales de finanzas y contabilidad, los pronósticos representan el fundamento para realizar presupuestos y controlar costos.

El marketing depende del pronóstico de ventas para planificar productos nuevos, compensar al personal de ventas y tomar otras decisiones clave. Con los pronósticos, el personal de producción y operaciones toma decisiones periódicas que comprenden la selección de procesos, planificación de capacidades y distribución de instalaciones, además de decisiones continuas acerca de la planificación de la producción, programación e inventario [19].

Regresión lineal

El análisis de regresión lineal es un modelo de pronóstico que establece una relación entre una variable dependiente y una o más variables independientes. Este modelo es de la forma:

$$Y = a + bX \quad (1)$$

Se conoce como la ecuación de regresión donde “Y” es la variable dependiente y la variable a pronosticar, “X” es la variable independiente, “a” es la intersección con el eje “y”, y b es la pendiente de la línea de tendencia. Una vez conocidos estos valores constantes, en la ecuación de regresión puede introducirse un valor futuro para “X” y calcular el valor correspondiente de “Y” (el pronóstico) [17].

Medición de Errores

El término error se refiere a la diferencia entre el valor de pronóstico y lo que ocurrió en realidad. En estadística, estos errores se conocen como residuales. Siempre y cuando el valor del pronóstico se encuentre dentro de los límites de confianza

La **desviación absoluta media (DAM)** es el error promedio en los pronósticos mediante valores absolutos. Es valiosa porque, al igual que la desviación estándar, mide la dispersión de un valor observado en relación con un valor esperado y se calcula con las diferencias entre la demanda real y la demanda pronosticada sin importar el signo. Es igual a la suma de las desviaciones absolutas dividida entre el número de puntos de datos o, en forma de ecuación [19],

$$DAM = \frac{\sum |A_t - F_t|}{n} \quad (2)$$

donde

t = Número del periodo

A = Demanda real en el periodo

F = Demanda pronosticada para el periodo

n = Número total de periodos

Una medida adicional de error con frecuencia útil es el **error porcentual absoluto medio (EPAM)**. Esta medida determina el error respecto del promedio de demanda. Por ejemplo, si la DAM es de 10 unidades y el promedio de demanda es de 20 unidades, el

error es grande e importante, pero relativamente insignificante en un promedio de demanda de 1 000 unidades. El EPAM se calcula al tomar la DAM y dividir entre el promedio de demanda [19],

$$\text{EPAM} = \frac{\text{DAM}}{\text{Promedio de demanda}} \quad (3)$$

Una **señal de seguimiento** es una medida que indica si el promedio pronosticado sigue el paso de cualquier cambio ascendente o descendente de la demanda. Como se utiliza en el pronóstico, la señal de seguimiento es el número de desviaciones absolutas medias que el valor pronosticado se encuentra por encima o por debajo de los hechos reales.

Una señal de seguimiento (TS) se calcula con la suma aritmética de las desviaciones pronosticadas dividida entre la desviación absoluta media [19]:

$$\text{TS} = \frac{\text{SCEP}}{\text{DAM}} \quad (4)$$

Donde,

SCEP = Suma corriente de los errores pronosticados considerando la naturaleza del error.

2.2.8 La Teoría de Restricciones

La teoría de restricciones es un método sistemático de administración que se centra en administrar activamente las restricciones que impiden el progreso de la empresa hacia su meta de maximizar el total de fondos o ventas con valor agregado menos los descuentos y los costos variables. Esta teoría describe un proceso deliberado para identificar y superar las restricciones, el proceso se centra no sólo en la eficiencia de los procesos individuales, sino también en los cuellos de botella que limitan el sistema en conjunto [20].

Todos los métodos de TOC aumentan las utilidades de la empresa con mayor eficiencia que los métodos tradicionales de contabilidad de costos porque son más sensibles al mercado. La mayoría de los métodos de contabilidad de costos se centra en maximizar la producción de los procesos individuales en el corto plazo, en lugar de centrarse en lograr que los materiales fluyan con rapidez a través de todo el sistema. Sin embargo,

este método no incrementa las utilidades en todo el sistema si se crean cuellos de botellas. Para aumentar las utilidades, las empresas deben estudiar el panorama general; cómo pueden mejorar sus procesos para aumentar los flujos de trabajo de la empresa en su conjunto o reducir sus niveles de inventarios y personal [20].

2.2.9 Planeación Agregada

Dado que la planeación agregada abarca períodos de solo seis meses, no hay suficiente tiempo disponible para incrementar la capacidad agregando edificios, máquinas y otros bienes de capital. Esto mueve el enfoque a otras posibles fuentes de capacidad de producción, al desarrollar planes para hacer frente a la demanda de los clientes. Varias variables pueden alterarse para modificar a plazo medio la capacidad de producción de un mes al siguiente. Entre éstas aparecen:

- **Mano de obra en tiempo ordinario.** La producción de los trabajadores pagados durante tiempo ordinario por lo general significa 40 horas o menos a la semana. Las fuentes de mano de obra son los empleados a tiempo completo o a tiempo parcial, los recién contratados o trabajadores despedidos y que pueden ser recontratados. El mercado local de mano de obra pudiera resultar un factor limitante y contratos con el sindicato pudieran limitar la flexibilidad de la administración en la contratación de empleados nuevos y en el despido de trabajadores experimentados.
- **Mano de obra en tiempo extra.** Producción realizada por los trabajadores cuando se les paga tasas de mano de obra en tiempo extraordinario, lo que por lo general significa durante más de 40 horas por semana. El tiempo extra puede estar limitado por políticas sindicales o empresariales.
- **Inventarios.** Producción en períodos anteriores que se ha conservado para su embarque posterior.
- **Subcontratación.** Producción de productos o servicios realizada por proveedores

La mano de obra en tiempo ordinario es la fuente preferida de capacidad de producción y se utiliza para proporcionar la capacidad de producción básica. Cuando la demanda excede la capacidad de la fuerza de trabajo existente, se pueden utilizar nuevas contrataciones, tiempo extra, inventarios y subcontratación. Pero las nuevas

contrataciones, el tiempo extra, los inventarios y la subcontratación pueden costar más y pueden causar otras dificultades. Las compañías enfrentan precavidamente la decisión sobre como proporcionar de la mejor manera capacidad de producción para los picos de la demanda [17].

Para calcular el número de trabajadores se emplea la ecuación 1 de manera que se satisfagan las necesidades de producción planteadas. Además se busca determinar el valor correspondiente a las horas de producción mensual y la cantidad real producida en el mismo período empleando las ecuaciones 2 y 3, respectivamente [19].

$$\text{No. Trabajadores} = \frac{\text{Valor de la menor demanda} * \text{Tiempo estándar}}{\text{No. días del mes} * \text{No. horas por día}} \quad (5)$$

$$\text{Horas produc. disponible} = \text{Días por mes} * \left(8 \frac{\text{h}}{\text{día}}\right) * \text{No. trabajadores} \quad (6)$$

$$\text{Producción Real} = \frac{\text{Horas de producción disponible}}{\text{Tiempo estándar de producción}} \quad (7)$$

2.2.10 Jornadas de Trabajo Según el Código del Trabajo

De acuerdo a lo establecido en el Capítulo V del Código del Trabajo se emplean los artículos del 47 al 55 respecto a la duración máxima de la jornada de trabajo, de los descansos obligatorios y de las vacaciones.

De las jornadas y descansos

Art. 47.- De la jornada máxima.- La jornada máxima de trabajo será de ocho horas diarias, de manera que no exceda de cuarenta horas semanales, salvo disposición de la ley en contrario. El tiempo máximo de trabajo efectivo en el subsuelo será de seis horas diarias y solamente por concepto de horas suplementarias, extraordinarias o de recuperación, podrá prolongarse por una hora más, con la remuneración y los recargos correspondientes.

Art. 48.- Jornada especial.- Las comisiones sectoriales y las comisiones de trabajo determinarán las industrias en que no sea permitido el trabajo durante la jornada completa, y fijarán el número de horas de labor. La jornada de trabajo para los

adolescentes, no podrá exceder de seis horas diarias durante un período máximo de cinco días a la semana.

Art. 49.- Jornada nocturna.- La jornada nocturna, entendiéndose por tal la que se realiza entre las 19H00 y las 06H00 del día siguiente, podrá tener la misma duración y dará derecho a igual remuneración que la diurna, aumentada en un veinticinco por ciento.

Art. 50.- Límite de jornada y descanso forzosos.- Las jornadas de trabajo obligatorio no pueden exceder de cinco en la semana, o sea de cuarenta horas hebdomadarias. Los días sábados y domingos serán de descanso forzoso y, si en razón de las circunstancias, no pudiere interrumpirse el trabajo en tales días, se designará otro tiempo igual de la semana para el descanso, mediante acuerdo entre empleador y trabajadores.

Art. 55.- Remuneración por horas suplementarias y extraordinarias.- Por convenio escrito entre las partes, la jornada de trabajo podrá exceder del límite fijado en los artículos 47 y 49 de este Código, siempre que se proceda con autorización del inspector de trabajo y se observen las siguientes prescripciones:

- Las horas suplementarias no podrán exceder de cuatro en un día, ni de doce en la semana;
- Si tuvieren lugar durante el día o hasta las 24H00, el empleador pagará la remuneración correspondiente a cada una de las horas suplementarias con más un cincuenta por ciento de recargo. Si dichas horas estuvieren comprendidas entre las 24H00 y las 06H00, el trabajador tendrá derecho a un ciento por ciento de recargo. Para calcularlo se tomará como base la remuneración que corresponda a la hora de trabajo diurno;
- En el trabajo a destajo se tomarán en cuenta para el recargo de la remuneración las unidades de obra ejecutadas durante las horas excedentes de las ocho obligatorias; en tal caso, se aumentará la remuneración correspondiente a cada unidad en un cincuenta por ciento o en un ciento por ciento, respectivamente, de acuerdo con la regla anterior. Para calcular este recargo, se tomará como base el valor de la unidad de la obra realizada durante el trabajo diurno; y,
- El trabajo que se ejecutare el sábado o el domingo deberá ser pagado con el ciento por ciento de recargo [21].

2.2.11 Medición de la productividad

La productividad es una medida común para saber si un país, industria o unidad de negocios utiliza bien sus recursos (o factores de producción). Como la administración de operaciones y suministro se concentra en hacer el mejor uso posible de los recursos de una empresa, resulta fundamental medir la productividad para conocer el desempeño de las operaciones [19].

Productividad

La productividad es lo que se conoce como una medida relativa; es decir, para que tenga significado, se debe comparar con otra cosa, ya sea una misma operación a lo largo del tiempo. En este caso se compara la productividad registrada en un periodo determinado con la registrada en el siguiente.

En este sentido amplio, la productividad se define como:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Salidas}}{\text{Entradas}} \quad (8)$$

Para incrementar la productividad, lo ideal es que la razón entre salida y entrada sea lo más grande posible [19].

2.2.12 Medidas de Tendencia Central

Un promedio es un valor típico o representativo de un conjunto de datos. Como tales valores suelen situarse hacia el centro del conjunto de datos ordenados por magnitud, los promedios se conocen como medidas de tendencia central.

Media aritmética ponderada

En algunos casos los valores varían su grado de importancia de modo que es posible que queramos acomodarlos de acuerdo con ello. Después, será posible proceder al cálculo de una media ponderada, que es una media que se obtiene asignando distintos pesos a los valores, tal como se muestra en la fórmula [22]:

$$\text{Media ponderada: } \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n (w_i \cdot x_i)}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (9)$$

2.2.13 Capacidad de Producción

La capacidad de producción corresponde a la cantidad de productos que se espera del proceso durante un período determinado [19].

$$C_p = \frac{1}{\text{Tiempo de ciclo}} \quad (10)$$

2.2.14 Celda de Manufactura

La frase celda de manufactura se refiere a un área dedicada a la fabricación de productos que requieren procesamientos similares. Estas celdas se diseñan para desempeñar un conjunto específico de procesos, y se dedican a una variedad limitada de productos.

Una empresa puede tener muchas celdas diferentes en un área de producción y cada una de ellas está preparada para producir con eficiencia un solo producto o un grupo de productos semejantes. En general, las celdas están programadas para producir “conforme se necesita” para responder a la demanda actual de los clientes [19].

2.2.15 Trabajadores flexibles

Los trabajadores flexibles poseen múltiples habilidades y son capaces de pasar con facilidad de una actividad a otra. Requieren una capacitación más amplia que la de los obreros especializados y necesitan el apoyo de gerentes y de personal administrativo para que cambien con agilidad sus asignaciones laborales [19].

2.2.16 Diagramas de Gantt

Se pueden utilizar diagramas de Gantt para desplegar visualmente las cargas de trabajo en cada centro de trabajo de un departamento. Estos diagramas se utilizan en la mayoría de las fábricas y de las operaciones de servicio, y son muy útiles para coordinar una diversidad de programas de equipos de trabajo, centros de trabajo y actividades de proyectos [17].

2.3 Propuesta de Solución

Con el estudio planteado se propone diseñar un modelo de planificación de la producción en el área de aparado, aplicado sobre un par de organizaciones productoras de calzado y sus productos estrella. Todo ello se obtiene en base al análisis del proceso, determinación de la capacidad de producción real, desarrollo de la planeación agregada, identificación de restricciones de producción y cálculo del número de turnos requeridos por pedido. Dicha propuesta, busca alcanzarla optimización del proceso de fabricación en la sección de aparado, incrementando los índices de productividad y eficiencia del proceso.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

La presente investigación es de tipo aplicada debido a que se emplean las bases y conocimientos teóricos adquiridos durante un proceso investigativo, para satisfacer las necesidades laborales identificadas en el sector productor de calzado de la provincia de Tungurahua, en base a la creación de un modelo digital para la planificación de la producción.

3.1 Modalidad Básica de la Investigación

3.1.1 Bibliográfica - Documental

El proyecto planteado se establece como bibliográfica - documental, debido a que es de vital importancia recurrir a fuentes de información como manuales, revistas, libros, papers e informes que permitan generar una guía de trabajo para el estudio de la planificación de la producción.

3.1.2 De Campo

La investigación es de campo debido a que se requieren aplicar una serie de herramientas para la adquisición de información como: la observación, entrevistas levantamiento de información, análisis de estudios de tiempos, entre otros. Dichas actividades se desarrollan en un par de empresas pertenecientes a la CALTU con el fin de identificar los parámetros, limitantes y posibles conflictos que pueden darse en el proceso de armado, brindando una oportuna solución a la problemática establecida.

3.1.3 Experimental

Se utiliza un tipo de investigación experimental debido a que se plantea el desarrollo del modelo de planificación de la producción enfocada en el área de armado, considerando

datos sobre el proceso de fabricación y el uso de recursos. Mediante el proceso de experimentación se llevan a cabo una serie de pruebas de la propuesta planteada con el propósito de aprovechar el uso de recursos humanos y maquinarias en base a las cantidades demandadas por el área de montaje, de manera que se observen las variaciones de indicadores de producción que evalúen la eficiencia del modelo propuesto.

3.2 Población y Muestra

En el proyecto descrito se define un total de 60 empresas productoras de calzado pertenecientes a la CALTU cuyo listado completo se aprecia en el Anexo 1. Dado el tipo de estudio se procede a obtener una muestra en función a la ecuación 7, en donde la desviación estándar (σ) toma un valor de 0,1 en base a un análisis empírico, el nivel de confianza (Z) se establece con un valor del 90% que equivale a 1.65, y finalmente al error muestral se le asigna el valor de 9% equivalente a 0.09; obteniendo el siguiente resultado:

$$n = \frac{N\sigma^2Z^2}{(N - 1)e^2 + \sigma^2Z^2} \quad (11)$$

$$n = \frac{(104)(0,1)^2(1,65)^2}{(104 - 1)0,09^2 + (0,1)^2(1,65)^2}$$

$$n = 3,233 = 4$$

A través del cálculo previo se establece que la muestra a considerar es de 4 organizaciones, sin embargo la muestra calculada se reduce a un total de 2 empresas productoras de calzado pertenecientes a la CALTU al ser las únicas que dieron apertura al desarrollo del proyecto en sus instalaciones. Para el estudio se toma en cuenta la solicitud de las empresas por la confidencialidad de su información por lo que las empresas con que se trabajan toman los calificativos de Empresa A y Empresa B.

3.3. Recolección de Información

Para la elaboración del proyecto se realiza una entrevista dirigida al jefe de producción del área de armado de las empresas de calzado de cuero que participan en el estudio. Además de ello, se hace uso de la observación directa que permite definir e identificar

las actividades de capacidad restringida que tienen lugar en el proceso; se emplea adicionalmente, un análisis del estudio de tiempos de los modelos estrella de una de las empresas con el fin de establecer tiempos promedios y capacidades de producción.

En base a dicha información, se busca definir una estrategia de producción que optimicen el manejo de recursos y una guía de uso del modelo de planificación y programación de la producción propuesto, en donde se incluyen comparativas entre los resultados que se han obtenido en un trimestre considerando el tiempo de fabricación de cada modelo y sus limitantes.

3.4. Procesamiento y Análisis de Datos

La información recolectada a través de las herramientas previamente mencionadas se manejan en base formatos específicos que facilitan el análisis y organización de la información, de manera que se estudien los parámetros y limitantes propios del sub ensamble de aparato. Una vez que la información ha sido organizada se procede a cuantificarla para elaborar los respectivos cálculos de producción, dando paso a la creación de la propuesta planteada.

3.5. Desarrollo del Proyecto

Para llevar a cabo el proyecto de investigación se realizan las siguientes actividades:

- Identificación del proceso de elaboración de calzado de cuero.
- Análisis de la cadena de valor en cada organización.
- Elaborar la diagramación del proceso de fabricación de calzado.
- Entrevista a los jefes de producción de las empresas de calzado.
- Levantamiento de procesos de los modelos a estudiar y su respectiva línea de fabricación.
- Cálculo de la capacidad de producción de los procesos del área en mención.
- Identificación del cuello de botella que tienen lugar en el aparato.
- Identificar el tipo de estrategia de producción y planeación requerido.
- Definir el número recomendado de células de aparato para satisfacer la demanda.
- Definir el número de turnos necesarios para cumplir con los pedidos

- Desarrollo de un modelo para la planificación de la producción, considerando las diferentes restricciones, a través de un software Excel.
- Analizar los resultados obtenidos en el trimestre de Junio del 2016 a Agosto del 2016.
- Elaboración de indicadores de eficiencia y productividad en aparato.
- Elaboración de pruebas respecto al funcionamiento del sistema de planificación y programación de la producción elaborado por la Unidad de Investigación de la FISEI.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1 Análisis del Proceso de Producción de Calzado de Cuero

Con el pasar de los años la industria del calzado ha tomado fuerza en el Ecuador, pues se ha convertido en una de las principales fuentes de trabajo, tanto directo como indirecto; sin embargo, se ha visto afectado por una serie de eventos que limitan su desarrollo productivo y comercial.

Dado que Tungurahua es una de las principales provincias productoras de calzado se hace énfasis en la necesidad de analizar el sub ensamble de aparato correspondiente al proceso de elaboración del calzado, con el fin de identificar sus posibles limitantes, brindando a este tipo de industria de un modelo de optimización de producción que permita reducir costos innecesarios, definir la jornada de trabajo requerido para cumplir un pedido, prever los insumos a utilizar para satisfacer la demanda, entre otros.

Para llevar a cabo un correcto análisis del proceso de producción se identifican cada una de las actividades requeridas mediante la descripción y diagramación del proceso, tanto global como del segmento sobre el que se desarrolla el estudio.

4.1.1 Cadena de Valor

Uno de los principales aspectos en el análisis de procesos hace referencia a la identificación de las diferentes actividades que conforman la cadena de valor de una organización dedicada a la producción de calzado de cuero, en donde se analizan aquellas actividades que aportan una ventaja competitiva potencial para el cliente a través de la minimización de costos.

Mediante la cadena de valor se da lugar a las actividades con las que se espera aprovechar múltiples oportunidades en función de las instalaciones y capacidad

productiva de la empresa; para ello, se identifican 9 actividades estratégicas que se dividen en 5 actividades primarias y 4 de apoyo, las mismas que se muestran en la Fig.1 cuyo enfoque se centra en el aumento de márgenes utilitarios y el aseguramiento de la calidad del sub ensamble.

Las actividades primarias hacen referencia aquellas que interfieren en la creación física del producto y en la adquisición de los insumos necesarios, además del servicio de venta y postventa que se le otorga al cliente con el fin de garantizar la calidad del bien ofertado; mientras que las actividades de apoyo sustentan a las actividades primarias al proporcionar los recursos humanos, tecnológicos y materiales requeridos para que el proceso de fabricación de calzado se realice bajo las mejores condiciones.

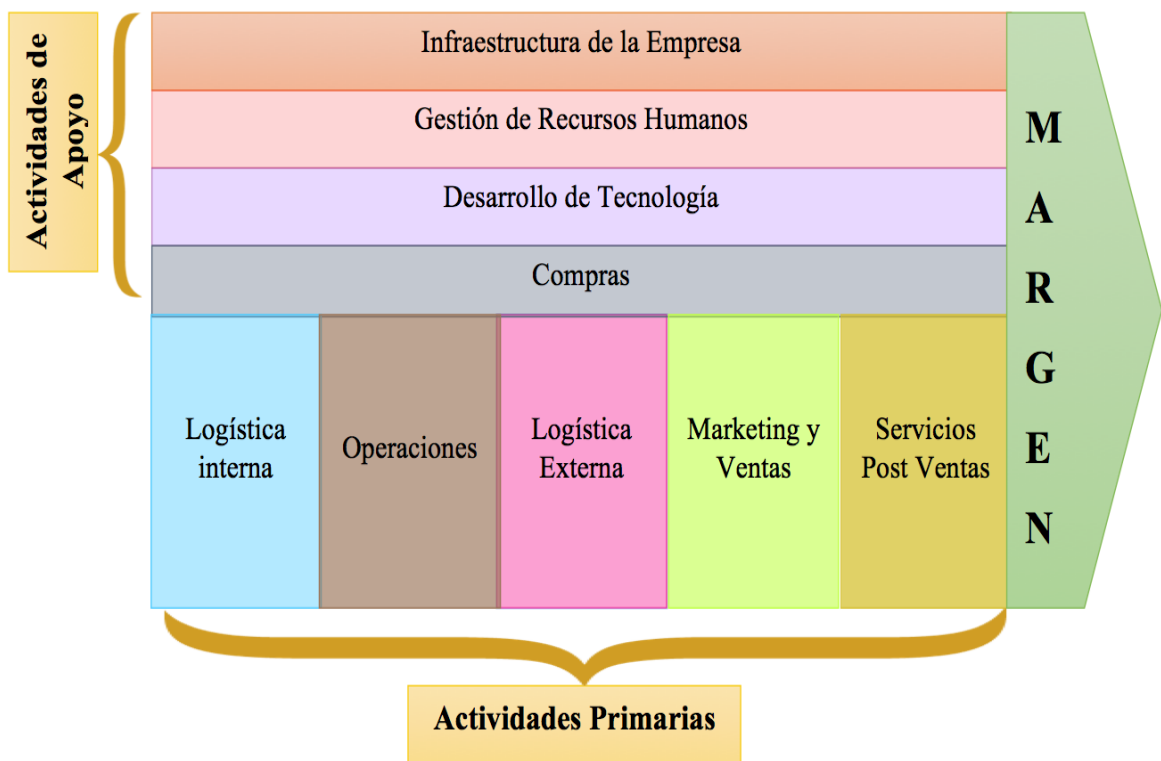


Fig. 1. Cadena de valor de industrias productoras de calzado en Tungurahua

En base a la Fig. 1 se establece que las industrias manufactureras de Tungurahua dedicadas a la elaboración de calzado de cuero desarrollan el siguiente grupo de actividades:

Empresa A

Actividades Primarias

- **Logística Interna:** Comprende las operaciones correspondientes a la recepción, almacenaje y distribución de los insumos.
- **Operaciones:** Hace relación a aquellas tareas que tienen lugar en la transformación de la materia prima en el producto final, siendo éstas troquelado, aparado y montaje de calzado.
- **Logística Externa:** Incluye operaciones en el almacenamiento de producto terminado, manejo de inventarios, rutas de distribución producto-cliente, devolución de productos, entre otros.
- **Marketing y ventas:** Se encarga de la difusión del producto al mercado en que se comercializará, genera oportunidades de negocios a través del incremento de las ventas a través de publicidad, promociones y presentaciones continuas de nuevos productos al mercado.
- **Servicios Post Venta:** Incluye operaciones para la garantía del producto.

Actividades de Apoyo

- **Infraestructura de la empresa:** Presta su apoyo a través de operaciones de planeación, programación, contabilidad y finanzas.
- **Gestión de Recursos Humanos:** Lleva a cabo actividades como contratación, capacitación, entrenamiento, y desarrollo de personal que se incorporará en la organización.
- **Desarrollo de Tecnologías:** Se da lugar a procesos investigativos sobre el mercado, además de la mejora continua de tecnología para su aplicación en el proceso de fabricación.
- **Compras:** Da lugar a la adquisición de equipos, materiales e insumos en general y el requerimiento de servicios de mantenimiento por miembros externos de la empresa.

Empresa B

Actividades Primarias

- **Logística Interna:** Comprende las operaciones correspondientes a almacenamiento de materiales, acceso de clientes e inspecciones internas.
- **Operaciones:** Comprende actividades de corte, aparado, ojalillado, cosido de plantilla y montaje del producto al ser los procesos que transforman los insumos en producto final.
- **Logística Externa:** Incluye operaciones en el procesamiento de pedidos, despacho de pedidos y manejo de inventarios.
- **Marketing y ventas:** Se encarga de la promociones, fuerza de venta y publicidad de sus productos
- **Servicios Post Venta:** Incluye operaciones como seguimiento de la calidad del producto fuera de la empresa.

Actividades de Apoyo

- **Infraestructura de la empresa:** Comprende actividades de planificación y desarrollo financiero de la empresa.
- **Gestión de Recursos Humanos:** Lleva a cabo actividades como el reclutamiento, selección, capacitación y el proceso de remuneración de los colaboradores.
- **Desarrollo de Tecnologías:** Se procede a estudiar la aceptación de un producto en el mercado, además del diseño de nuevos modelos.
- **Compras:** Da lugar a la adquisición de maquinarias, insumos, publicidad en medios de comunicación y servicios externos de mantenimiento.

4.1.2 Mapa de Procesos

En esta sección se visualiza el proceso de fabricación de calzado de cuero que tiene lugar en la mayor parte de industrias manufactureras de Tungurahua; mediante esta herramienta se obtiene un panorama general sobre los departamentos y actividades de los procesos estratégicos, operativos y de apoyo que permiten elaborar productos de calidad en las diferentes líneas y modelos de calzado a estudiar.

Mediante el uso del mapa de procesos se hace posible analizar el proceso de fabricación de calzado junto con su ciclo de producción, de manera que se emplee esta información como un punto de partida para llevar a cabo la presente investigación, dado que es en este segmento en donde se desea encontrar formas alternas para la asignación de tareas y tiempos de producción.

Empresa A

En la Fig. 2 se establecen los distintos procesos estratégicos que se basan en las actividades que permiten establecer las políticas y estrategias de la Empresa A, así como la administración de los recursos de gerencia y administrativos. En adición, se describen los procesos operativos, considerando los procesos que la empresa realiza para la obtención del producto terminado partiendo de la adquisición de insumos. Y finalmente, se definen los procesos de apoyo cuyo objetivo principal es dar soporte a los procesos operativos al aprovisionarlos de los recursos necesarios.

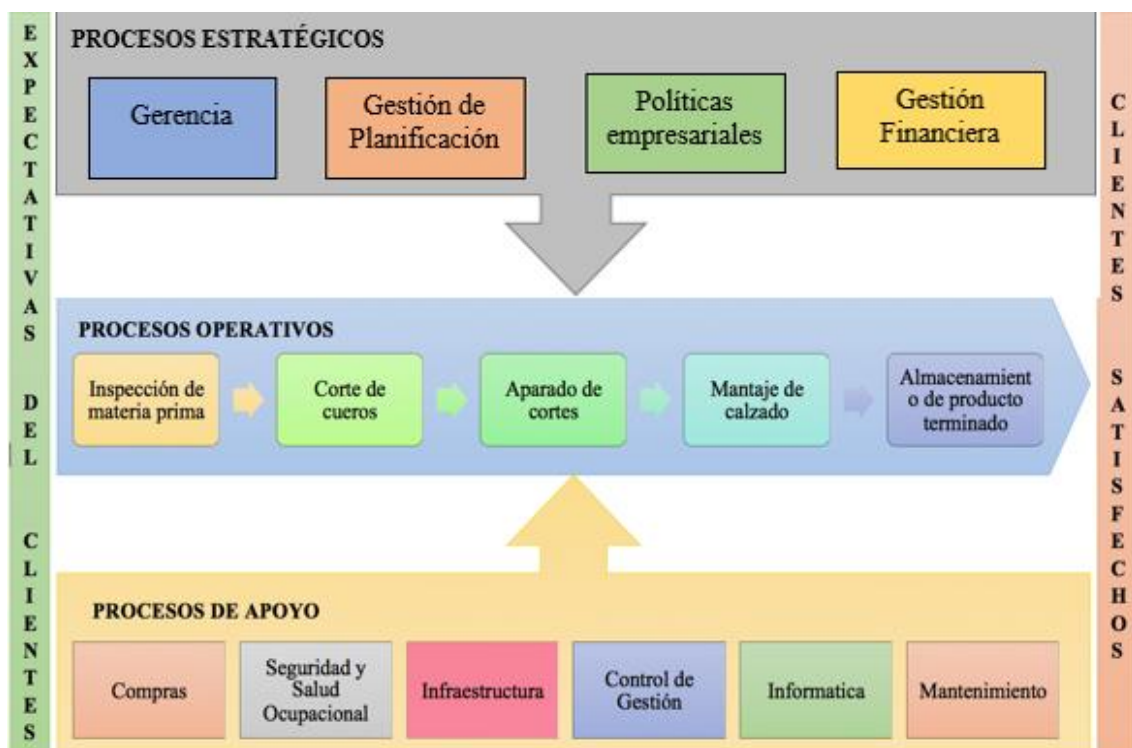


Fig. 2. Mapa de procesos de la Empresa A

Empresa B

En la Fig. 3 se muestran los procesos estratégicos que definen todas las políticas y estrategias de la Empresa B tales como la implementación de un sistema de gestión de

calidad, mercadeo, direccionamiento estratégico y gestión de comunicaciones. Se incluyen los procesos operativos como troquelado de insumos, aparado y montaje de calzado. Y finalmente, se definen los procesos de apoyo para los procesos operativos siendo éstos la gestión de talento humano, logística, informática y mantenimiento.



Fig. 3. Mapa de procesos de la Empresa B

4.1.3 Proceso de Elaboración de Calzado de Cuero

Pese a que existe un conjunto diversificado de modelos de calzado se establece que la mayoría sigue un mismo esquema de producción, el cual parte del almacenamiento de todos los insumos necesarios para la producción de calzado tales como: cueros, forros, ojalillos, cordones, hilos, etc.; en este punto se lleva a cabo una inspección previa a la producción sobre los cueros con el fin de que se garantice la calidad del producto.

Como siguiente paso se lleva a cabo el corte de las piezas requeridas para el modelo definido, ya sea este proceso de tipo automático, con troqueles o manual; para que inmediatamente se envíe el producto obtenido al área de aparado en donde se genera un sub producto mediante el cosido de las piezas obtenidas en el paso anterior.

Posteriormente, se procede a la colocación de refuerzos en la punta y talón con el fin de que el producto no se deforme en estas zonas; seguido se coloca el producto sobre la

horma y una plantilla base para que el corte aparado adopte la forma de la horma; posteriormente se rayan los contornos de la zona donde se va a colocar la suela y se eliminan los excesos con un esmeril, para colocar pega en la zona cardada e ingresarla junto a la suela en un horno reactivador de pega. Adicionalmente, se unen los dos elementos para colocarlos en una máquina prensadora de manera que se asegure la adherencia entre la suela y la base del calzado.

Finalmente, se revisan las posibles fallas del calzado tales como: excesos de hilos, manchas de pegamento, zonas descoloridas, entre otros; después de ello, se colocan los cordones y etiquetas correspondientes, para así empacar el calzado y almacenarlo en una bodega para su clasificación según la talla y modelo, enviando el producto al cliente externo según los requerimientos establecidos.

4.1.4 Diagrama Sinóptico del Proceso

En las Fig. 4 y 5 se muestran los cursogramas sinópticos del proceso de fabricación de calzado de las dos empresas participantes cuya función es brindar una visión general del proceso productivo, lo que permite identificar qué actividades pueden resultar innecesarias y la manera en que se puede distribuir el trabajo.

En cada diagrama se tiene como primer punto la inspección de materia prima en bodega seguida de una serie de actividades que transforman la materia prima en un determinado modelo de calzado culminando en el empaquetado del producto terminado, que es almacenado en bodegas para despacharlo al cliente externo.

En la Fig. 4 se resaltan las principales actividades que dan lugar al proceso de aparado en la Empresa “A”, mientras que la Fig. 5 describe el proceso de aparado de la Empresa “B”. Resulta fundamental considerar que el cliente interno de aparado es el área de troquelado y el proveedor interno del área de montaje por lo que para el desarrollo de la guía de aplicación del modelo propuesto se consideran las relaciones entre los sub ensambles nombrados respecto al flujo del material.

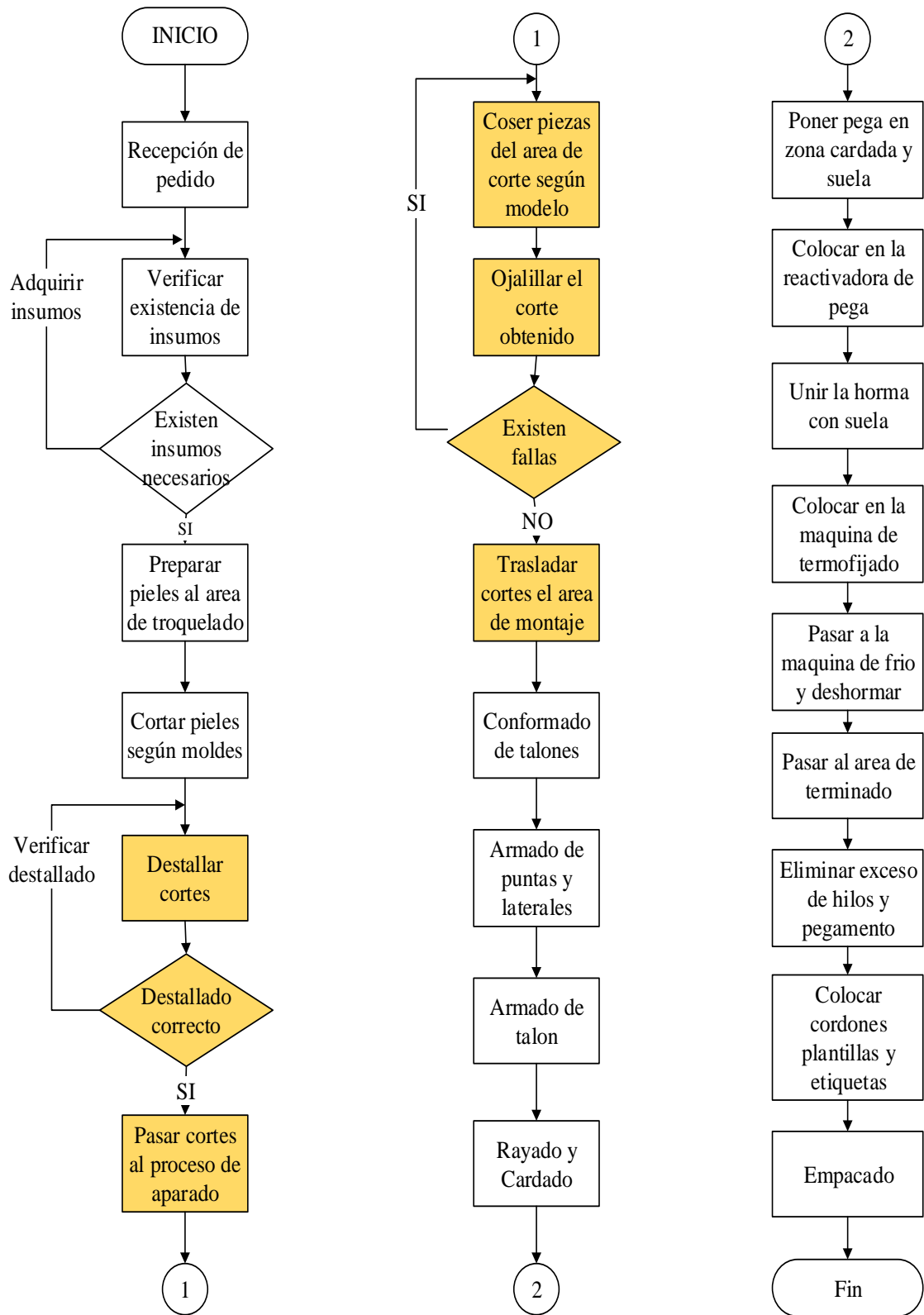


Fig. 4. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de calzado Empresa A

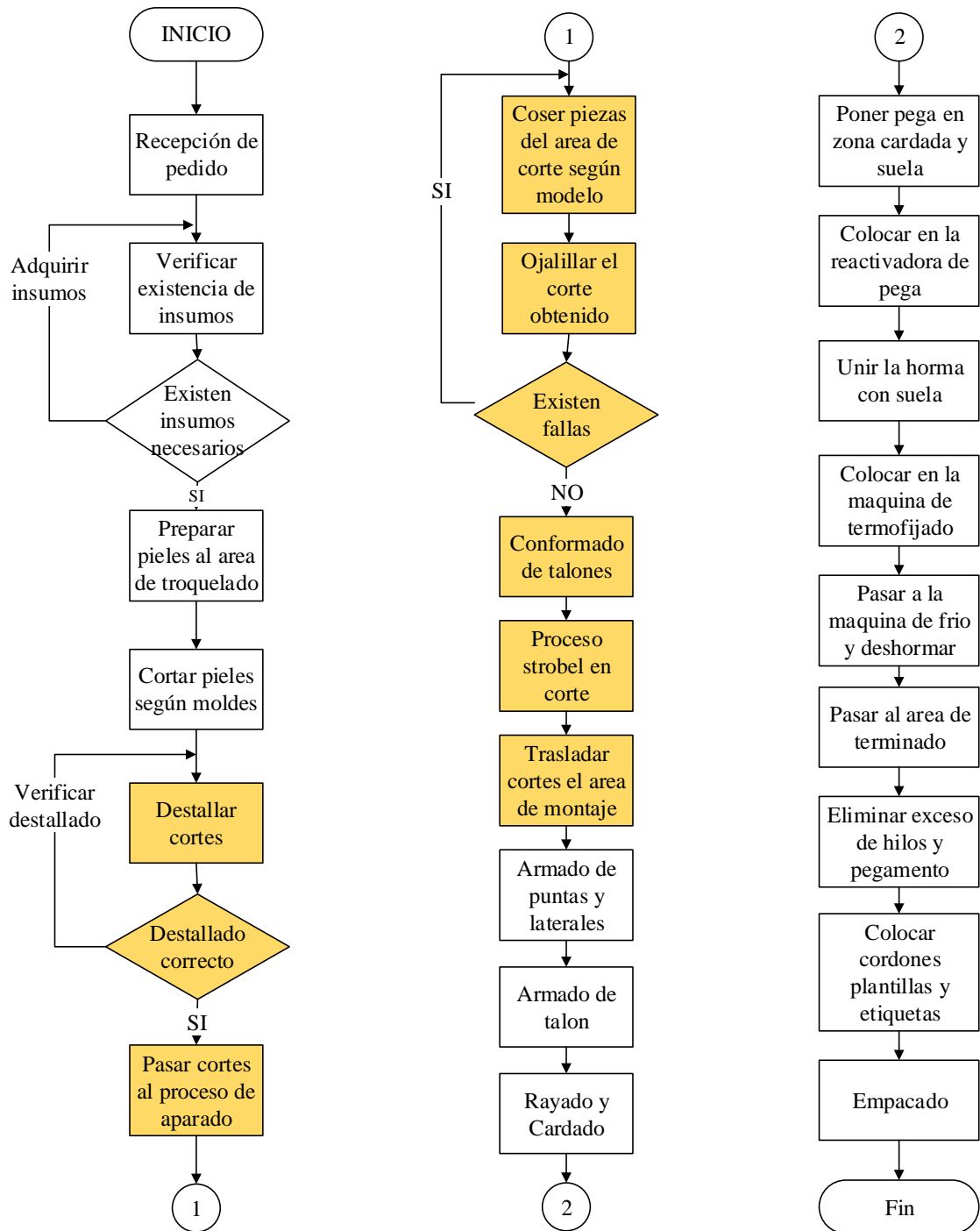


Fig. 5. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de calzado Empresa B

4.1.5 Aplicación de la Entrevista

La aplicación de la entrevista comprende una serie de preguntas que permiten identificar las condiciones actuales del área de armado, esta herramienta se dirige a los jefes de producción del área de armado de las empresas participantes y su formato se visualiza

en el Anexo 2, mientras que el análisis de resultados por cada interrogante se presenta a continuación.

Pregunta 1: *¿Existe un estudio de los tiempos estándares del proceso productivo en la empresa?*

Las empresas carecen de un estudio de tiempos para cada uno de los productos ofertados; sin embargo, al colaborar con instituciones educativas de tercer nivel se cuenta con un estudio de tiempos para los modelos estrella de la empresa, este hecho comprende uno de los principales inconvenientes a la hora de definir una capacidad de producción más acertada.

Pregunta 2: *¿Se cumple a tiempo con la entrega del producto ensamblado en el aparato?*

Mediante la información recibida se concluye que el aparato se considera el cuello de botella del proceso de fabricación de calzado, por lo que cumplir con la demanda solicitada por el área de montaje representa una tarea complicada; sin embargo, en meses con demanda baja los pedidos se entregan oportunamente al cliente interno.

Pregunta 3: *¿Considera que es favorable para el área de aparato la variación constante del personal?*

Se considera que para aparato resulta fundamental que el personal de cada célula de trabajo sea poli funcional, de manera que se eviten inconvenientes durante la producción, ya que cada trabajador está capacitado para realizar cualquier actividad.

Pregunta 4: *¿En qué etapa de la producción se han presentado un mayor número de embotellamientos?*

Este se considera uno de los puntos más relevantes pues el cuello de botella varía dependiendo las características del modelo que se desea fabricar; sin embargo, se establece que en la mayor parte de modelos son los procesos de embolsado y cerrado los que toman más tiempo de producción.

Pregunta 5: *¿Solicita el servicio de maquila para abastecer el flujo de producción?*

En la mayoría de meses se requiere emplear servicios de maquila, dado que las empresas no puede satisfacer la totalidad de la demanda.

Pregunta 6: *¿Cree usted que es necesario analizar y planificar la producción?*

Mediante la información recibida se puede concluir que la aplicación de métodos adecuados de planificación puede generar mayores beneficios para la organización, pues este tipo de herramientas permiten emplear parámetros propios del proceso como: posibles retrasos, recursos necesarios, utilización de equipos y maquinarias, entre otros.

4.2 Análisis ABC de las empresas

Mediante esta herramienta se determinan los artículos que representan un porcentaje elevado de comercialización para la empresa. En este punto se considera que alrededor del 20% del total de los artículos representan el 80% de las ventas totales, mientras que el 80% de los artículos vendidos alcanzan el 20% del total de ventas.

Como una herramienta de apoyo se hace uso del gráfico ABC mediante la información de ventas del último año, en el cual se puede visualizar la relación porcentual descrita, optimizando la toma de decisiones respecto a los artículos ofertados.

4.2.1 Productos Ofertados por la Empresa A

En la Tabla 1 se describen los modelos ofertados por la Empresa A definiendo un total de 98 productos entre sus líneas militar, casual, trekking, urbano, escolar y deportivo para hombres, mujeres, jóvenes y niños.

Tabla 1.Listado de modelos de calzado ofertados en la Empresa A

No.	Modelo	Tipo de calzado	Ventas anuales	Costo unitario
1	CS.H.BES777	CASUAL	108	\$ 44,76
2	CS.H.BES784	CASUAL	333	\$ 41,99
3	CS.H.BES861	CASUAL	1114	\$ 40,14
4	CS.H.BV928	CASUAL	1786	\$ 40,08
5	CS.H.CA502	CASUAL	1243	\$ 42,42
6	CS.H.CA660	CASUAL	229	\$ 47,94
7	CS.H.CA775	CASUAL	678	\$ 47,02
8	CS.H.CA858	CASUAL	644	\$ 52,98
9	CS.H.CA873	CASUAL	8061	\$ 40,77
10	CS.H.CA1031	CASUAL	2636	\$ 45,16
11	CS.H.CA3022	CASUAL	3	\$ 26,78
12	CS.H.CMC	CASUAL	86	\$ 41,63
13	CS.M.CD1008	CASUAL	378	\$ 42,31
14	CS.M.DR622	CASUAL	408	\$ 41,79
15	CS.IN.K891	CASUAL	2717	\$ 41,29
16	CS.IN.KC569	CASUAL	11	\$ 49,11
17	CS.J.CA552	CASUAL	232	\$ 42,17
18	CS.J.CA763	CASUAL	38	\$ 42,60

19	CS.J.CU700	CASUAL	555	\$ 41,72
20	DE.H.DD799	DEPORTIVO	46	\$ 44,83
21	DE.H.CAD875	DEPORTIVO	8	\$ 42,41
22	DE.H.DPH	DEPORTIVO	3866	\$ 41,24
23	DE.H.FT180	DEPORTIVO	57	\$ 39,86
24	DE.H.GYR	DEPORTIVO	4671	\$ 41,28
25	DE.M.BR793	DEPORTIVO	148	\$ 40,69
26	DE.M.DD921	DEPORTIVO	5487	\$ 41,03
27	DE.M.SK568	DEPORTIVO	9666	\$ 42,96
28	DE.M.UD506	DEPORTIVO	872	\$ 41,43
29	DE.M.DPH1037	DEPORTIVO	7847	\$ 41,02
30	DE.J.DD490	DEPORTIVO	55	\$ 44,04
31	DE.J.GYR2	DEPORTIVO	140	\$ 43,71
32	DE.J.MJ180	DEPORTIVO	4	\$ 41,00
33	DE.J.N027	DEPORTIVO	9	\$ 41,07
34	DE.J.RD793	DEPORTIVO	360	\$ 41,34
35	DE.J.DPH1016	DEPORTIVO	22	\$ 41,30
36	DE.I.KT5008	DEPORTIVO	5184	\$ 41,59
37	DE.I.KT5011	DEPORTIVO	1405	\$ 41,77
38	DE.I.DPN1000	DEPORTIVO	11	\$ 46,41
39	TR.H.BAT	TREKKING	402	\$ 41,19
40	TR.H.BP088	TREKKING	47	\$ 42,32
41	TR.H.BTV834	TREKKING	90	\$ 40,96
42	TR.H.BV111	TREKKING	32	\$ 40,08
43	TR.H.FR569	TREKKING	9	\$ 41,32
44	TR.H.HTS3	TREKKING	8	\$ 44,00
45	TR.H.HV409	TREKKING	358	\$ 42,18
46	TR.H.HV850	TREKKING	18	\$ 26,79
47	TR.H.MEG542	TREKKING	6892	\$ 41,98
48	TR.H.MEG879	TREKKING	22	\$ 54,58
49	TR.H.NBS58	TREKKING	337	\$ 41,66
50	TR.H.TMR889	TREKKING	3239	\$ 52,42
51	TR.M.HV778	TREKKING	58	\$ 41,42
52	TR.M.00TV969	TREKKING	5	\$ 31,90
53	TR.M.00ZL365	TREKKING	860	\$ 37,32
54	TR.M.BTV4015	TREKKING	26	\$ 37,00
55	TR.M.TRV4007	TREKKING	12	\$ 36,79
56	TR.J.00ZLHTA	TREKKING	24	\$ 35,64
57	UR.H.LOP1562	URBANO	26	\$ 36,16
58	UR.H.RHDET	URBANO	292	\$ 38,74
59	UR.H.DE2056	URBANO	74	\$ 43,26
60	UR.H.HJUI52	URBANO	11	\$ 69,64
61	UR.H.KYL156	URBANO	42	\$ 40,64
62	UR.H.LOT563	URBANO	4063	\$ 46,82
63	UR.M.0DS458	URBANO	1128	\$ 45,33
64	UR.M.0DS562	URBANO	4	\$ 36,00

65	UR.M.0DS891	URBANO	157	\$ 44,82
66	UR.M.0JJK564	URBANO	313	\$ 46,63
67	UR.M.UIO154	URBANO	148	\$ 43,00
68	UR.M.0FRT56	URBANO	578	\$ 42,80
69	UR.M.0TTG74	URBANO	31	\$ 47,11
70	MI.H.0EQ428	MILITAR	270	\$ 44,78
71	MI.H.0EQ236	MILITAR	597	\$ 40,32
72	MI.H.0EQ179	MILITAR	34	\$ 41,00
73	MI.H.0EQ231	MILITAR	148	\$ 45,57
74	MI.H.0FS549	MILITAR	16	\$ 37,87
75	MI.H.0FS289	MILITAR	54	\$ 47,18
76	MI.H.0DP516	MILITAR	86	\$ 44,75
77	MI.H.0FL261	MILITAR	174	\$ 43,86
78	MI.H.0HZ851	MILITAR	190	\$ 43,66
79	ES.J.GR243	ESCOLAR	50	\$ 44,24
80	ES.J.LP273	ESCOLAR	35	\$ 38,58
81	ES.J.VR488	ESCOLAR	101	\$ 42,11
82	ES.I.CA156	ESCOLAR	18	\$ 47,14
83	ES.I.RE471	ESCOLAR	23	\$ 40,52
84	ES.I.FR267	ESCOLAR	807	\$ 41,05
85	FT.H.TY257	FUTBOL	16	\$ 44,54
86	FT.H.TY152	FUTBOL	13	\$ 24,87
87	FT.H.TY185	FUTBOL	373	\$ 34,72
88	FT.H.TY233	FUTBOL	121	\$ 35,26
89	FT.H.MK698	FUTBOL	69	\$ 33,13
90	FT.H.JKM563	FUTBOL	211	\$ 36,78
91	MF.M.HT487	MICROFUTBOL	112	\$ 35,85
92	MF.M.HT523	MICROFUTBOL	16	\$ 34,24
93	MF.M.HT548	MICROFUTBOL	36	\$ 41,61
94	MF.M.HT854	MICROFUTBOL	67	\$ 37,74
95	MF.M.TY254	MICROFUTBOL	3	\$ 41,00
96	MF.M.TY431	MICROFUTBOL	36	\$ 43,88
97	MF.M.TY584	MICROFUTBOL	22	\$ 22,84
98	MF.M.HR247	MICROFUTBOL	26	\$ 23,48

4.2.2 Desarrollo de la Gráfica ABC Empresa A

Con la finalidad de que se identifiquen las tres clases de productos se procede a determinar el valor correspondiente al porcentaje de participación monetaria, cuyo valor es el mismo para todos los productos, empleando la ecuación 12 en función de los datos de la Tabla 1.

$$\text{Porcentaje de Participación} = \frac{100\%}{\text{No. total de artículos}} \quad (12)$$

$$\text{Porcentaje de Participación} = \frac{100\%}{98} = 1.02\%$$

Una vez obtenido el valor de participación se calcula la valorización de cada producto empleando la ecuación 13, esta variable se conoce como ventas anuales. Seguido se calcula el porcentaje de consumo mediante la ecuación 14.

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

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

El valor correspondiente a la valorización se visualiza directamente en la Tabla 2, sin embargo se ejemplifica el porcentaje de consumo con el primer modelo de la Tabla 1.

$$\text{Porcentaje de consumo} = \frac{4833.55 * 100\%}{3558397.93} = 0.14\%$$

Dicho cálculo se realiza de la misma forma sobre cada modelo y se organizan los datos de ventas de mayor a menor obteniendo como resultado la Tabla 2, en donde se considera el porcentaje de participación acumulada (ecuación 15) de cada modelo.

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

$$\% \text{ participación acumulada Casual} = 11,22\% + 9,30\% = 20,52\%$$

Tabla 2. Clasificación ABC de modelos Empresa A

Modelo	Ventas anuales	Costo unitario	Total en ventas	% Particip.	% de consumo	% consumo acumulado	Clasificación
DE.M.S K568	9666	\$ 41,30	\$ 399.220,91	1,02%	11,22%	11,22%	A
CS.H.C A873	8061	\$ 41,07	\$ 331.064,35	1,02%	9,30%	20,52%	A
DE.M.D PH1037	7847	\$ 41,02	\$ 321.891,45	1,02%	9,05%	29,57%	A
TR.H.M EG542	6892	\$ 41,98	\$ 289.313,88	1,02%	8,13%	37,70%	A
DE.M.D D921	5487	\$ 41,03	\$ 225.125,55	1,02%	6,33%	44,03%	A
DE.I.KT 5008	5184	\$ 41,59	\$ 215.617,93	1,02%	6,06%	50,09%	A
DE.H.G YR	4671	\$ 41,28	\$ 192.832,70	1,02%	5,42%	55,50%	A
UR.H.L OT563	4063	\$ 46,82	\$ 190.237,87	1,02%	5,35%	60,85%	A
DE.H.D PH	3866	\$ 41,24	\$ 159.403,79	1,02%	4,48%	65,33%	A
TR.H.T MR889	3239	\$ 52,42	\$ 169.807,38	1,02%	4,77%	70,10%	A
CS.IN.K	2717	\$ 41,29	\$ 112.180,30	1,02%	3,15%	73,25%	A

891							
CS.H.C A1031	2636	\$ 45,16	\$ 119.045,25	1,02%	3,35%	76,60%	A
CS.H.B V928	1786	\$ 40,08	\$ 71.566,22	1,02%	2,01%	78,61%	A
DE.I.KT 5011	1405	\$ 41,77	\$ 58.684,07	1,02%	1,65%	80,26%	A
CS.H.C A502	1243	\$ 42,42	\$ 52.736,67	1,02%	1,48%	81,74%	B
UR.M.0 DS458	1114	\$ 40,14	\$ 44.696,53	1,02%	1,26%	83,00%	B
CS.H.B ES861	1128	\$ 45,33	\$ 51.152,80	1,02%	1,44%	84,44%	B
DE.M.U D506	860	\$ 37,32	\$ 32.088,49	1,02%	0,90%	85,34%	B
TR.M.0 OZL365	807	\$ 41,05	\$ 33.133,09	1,02%	0,93%	86,27%	B
ES.I.FR 267	872	\$ 41,43	\$ 36.121,22	1,02%	1,02%	87,28%	B
CS.H.C A775	678	\$ 47,02	\$ 31.858,62	1,02%	0,90%	88,18%	B
CS.H.C A858	644	\$ 52,98	\$ 34.110,85	1,02%	0,96%	89,14%	B
MI.H.OE Q236	597	\$ 40,32	\$ 24.057,06	1,02%	0,68%	89,81%	B
UR.M.0 FRT56	578	\$ 42,80	\$ 24.724,46	1,02%	0,69%	90,51%	B
CS.J.CU 700	555	\$ 41,72	\$ 23.144,48	1,02%	0,65%	91,16%	B
CS.M.D R622	358	\$ 42,18	\$ 15.087,65	1,02%	0,42%	91,58%	B
TR.H.B AT	408	\$ 41,79	\$ 17.033,32	1,02%	0,48%	92,06%	B
CS.M.C D1008	360	\$ 41,34	\$ 14.897,57	1,02%	0,42%	92,48%	B
FT.H.T Y185	378	\$ 42,31	\$ 15.990,22	1,02%	0,45%	92,93%	B
DE.J.RD 793	337	\$ 41,66	\$ 14.057,83	1,02%	0,40%	93,33%	B
TR.H.H V409	373	\$ 34,72	\$ 12.932,85	1,02%	0,36%	93,69%	B
TR.H.N BS58	333	\$ 41,99	\$ 13.999,76	1,02%	0,39%	94,08%	B
CS.H.B ES784	402	\$ 41,19	\$ 16.567,55	1,02%	0,47%	94,55%	B
UR.M.0 JK564	313	\$ 46,63	\$ 14.601,88	1,02%	0,41%	94,96%	B
UR.H.R HDET	270	\$ 44,78	\$ 12.087,41	1,02%	0,34%	95,30%	C
MI.H.OE Q428	211	\$ 36,78	\$ 7.745,46	1,02%	0,22%	95,52%	C
CS.J.CA 552	229	\$ 47,94	\$ 11.000,37	1,02%	0,31%	95,82%	C
CS.H.C A660	232	\$ 42,17	\$ 9.789,06	1,02%	0,28%	96,10%	C
FT.H.JK M563	292	\$ 38,74	\$ 11.293,44	1,02%	0,32%	96,42%	C

MI.H.0 HZ851	190	\$ 43,66	\$ 8.309,81	1,02%	0,23%	96,65%	C
MI.H.OF L261	174	\$ 43,86	\$ 7.636,07	1,02%	0,21%	96,87%	C
UR.M.0 DS891	157	\$ 44,82	\$ 7.018,16	1,02%	0,20%	97,06%	C
DE.M.B R793	148	\$ 43,00	\$ 6.384,33	1,02%	0,18%	97,24%	C
UR.M.U IO154	148	\$ 40,69	\$ 6.041,05	1,02%	0,17%	97,41%	C
MI.H.OE Q231	148	\$ 45,57	\$ 6.765,22	1,02%	0,19%	97,60%	C
DE.J.G YR2	121	\$ 35,26	\$ 4.283,14	1,02%	0,12%	97,72%	C
FT.H.T Y233	112	\$ 35,85	\$ 4.016,58	1,02%	0,11%	97,83%	C
MF.M.H T487	140	\$ 43,71	\$ 6.135,59	1,02%	0,17%	98,01%	C
CS.H.B ES777	101	\$ 42,11	\$ 4.263,27	1,02%	0,12%	98,13%	C
ES.J.VR 488	74	\$ 43,26	\$ 3.211,21	1,02%	0,09%	98,22%	C
TR.H.B TV834	86	\$ 41,63	\$ 3.595,81	1,02%	0,10%	98,32%	C
CS.H.C MC	69	\$ 33,13	\$ 2.280,51	1,02%	0,06%	98,38%	C
MI.H.0 DP516	67	\$ 37,74	\$ 2.546,87	1,02%	0,07%	98,45%	C
UR.H.D E2056	90	\$ 40,96	\$ 3.704,18	1,02%	0,10%	98,56%	C
FT.H.M K698	108	\$ 44,76	\$ 4.833,55	1,02%	0,14%	98,69%	C
MF.M.H T854	58	\$ 41,42	\$ 2.404,24	1,02%	0,07%	98,76%	C
TR.M.H V778	55	\$ 44,04	\$ 2.437,38	1,02%	0,07%	98,83%	C
DE.H.F T180	54	\$ 47,18	\$ 2.547,47	1,02%	0,07%	98,90%	C
DE.J.D D490	57	\$ 39,86	\$ 2.259,78	1,02%	0,06%	98,97%	C
MI.H.OF S289	86	\$ 44,75	\$ 3.866,01	1,02%	0,11%	99,07%	C
ES.J.GR 243	50	\$ 44,24	\$ 2.209,45	1,02%	0,06%	99,14%	C
TR.H.B P088	47	\$ 42,32	\$ 1.999,10	1,02%	0,06%	99,19%	C
DE.H.D D799	46	\$ 44,83	\$ 2.057,09	1,02%	0,06%	99,25%	C
UR.H.K YL156	42	\$ 40,64	\$ 1.700,28	1,02%	0,05%	99,30%	C
CS.J.CA 763	36	\$ 43,88	\$ 1.598,95	1,02%	0,04%	99,34%	C
MF.M.H T548	38	\$ 42,60	\$ 1.609,94	1,02%	0,05%	99,39%	C
MF.M.T Y431	36	\$ 41,61	\$ 1.516,28	1,02%	0,04%	99,43%	C
ES.J.LP 273	32	\$ 40,08	\$ 1.298,27	1,02%	0,04%	99,47%	C

MI.H.OE Q179	35	\$ 38,58	\$ 1.353,89	1,02%	0,04%	99,50%	C
TR.H.B V111	31	\$ 47,11	\$ 1.462,37	1,02%	0,04%	99,55%	C
UR.M.O TTG74	26	\$ 36,16	\$ 927,26	1,02%	0,03%	99,57%	C
TR.M.B TV4015	26	\$ 23,48	\$ 602,05	1,02%	0,02%	99,59%	C
UR.H.L OP1562	24	\$ 35,64	\$ 865,81	1,02%	0,02%	99,61%	C
MF.M.H R247	23	\$ 40,52	\$ 929,73	1,02%	0,03%	99,64%	C
TR.J.OO ZLHTA	34	\$ 41,00	\$ 1.383,50	1,02%	0,04%	99,68%	C
ES.I.RE 471	26	\$ 37,00	\$ 948,88	1,02%	0,03%	99,71%	C
DE.J.DP H1016	22	\$ 22,84	\$ 493,35	1,02%	0,01%	99,72%	C
TR.H.M EG879	18	\$ 47,14	\$ 827,07	1,02%	0,02%	99,74%	C
MF.M.T Y584	22	\$ 54,58	\$ 1.178,70	1,02%	0,03%	99,78%	C
TR.H.H V850	16	\$ 34,24	\$ 554,56	1,02%	0,02%	99,79%	C
ES.I.CA 156	22	\$ 42,96	\$ 927,70	1,02%	0,03%	99,82%	C
MI.H.OF S549	18	\$ 26,79	\$ 470,04	1,02%	0,01%	99,83%	C
FT.H.T Y257	16	\$ 44,54	\$ 721,34	1,02%	0,02%	99,85%	C
MF.M.H T523	12	\$ 36,79	\$ 446,97	1,02%	0,01%	99,86%	C
FT.H.T Y152	16	\$ 37,87	\$ 613,31	1,02%	0,02%	99,88%	C
TR.M.T RV4007	11	\$ 46,41	\$ 501,10	1,02%	0,01%	99,89%	C
CS.IN.K C569	13	\$ 24,87	\$ 335,74	1,02%	0,01%	99,90%	C
DE.I.DP N1000	9	\$ 40,77	\$ 385,24	1,02%	0,01%	99,91%	C
UR.H.H JUI52	11	\$ 49,11	\$ 530,24	1,02%	0,01%	99,93%	C
DE.J.NO 27	8	\$ 44,00	\$ 356,33	1,02%	0,01%	99,94%	C
TR.H.F R569	9	\$ 41,32	\$ 390,40	1,02%	0,01%	99,95%	C
DE.H.C AD875	11	\$ 69,64	\$ 751,97	1,02%	0,02%	99,97%	C
TR.H.H TS3	5	\$ 31,90	\$ 172,20	1,02%	0,00%	99,98%	C
TR.M.O 0TV969	8	\$ 42,41	\$ 343,46	1,02%	0,01%	99,99%	C
DE.J.MJ 180	4	\$ 41,00	\$ 166,02	1,02%	0,00%	99,99%	C
UR.M.O DS562	3	\$ 41,00	\$ 110,68	1,02%	0,00%	99,99%	C
CS.H.C A3022	4	\$ 36,00	\$ 145,77	1,02%	0,00%	100,00%	C

MF.M.T Y254	3	\$ 26,78	\$ 72,29	1,02%	0,00%	100,00%	C
TOTAL			\$ 3.558.397,9		100,00%		

En función de los datos obtenidos se desarrolla el gráfico ABC que incluye a cada uno de los modelos de la Empresa A tal como se indica en la Fig. 6, en donde se establece un porcentaje del 79% de ventas para los modelos tipo A, un porcentaje del 16% en ventas para los modelos tipo B y los artículos sobrantes corresponden al producto tipo C.

En base a los resultados obtenidos se establece que para el estudio planteado se seleccionan los modelos casual y deportivo al ser los productos mas vendidos de la Empresa A.

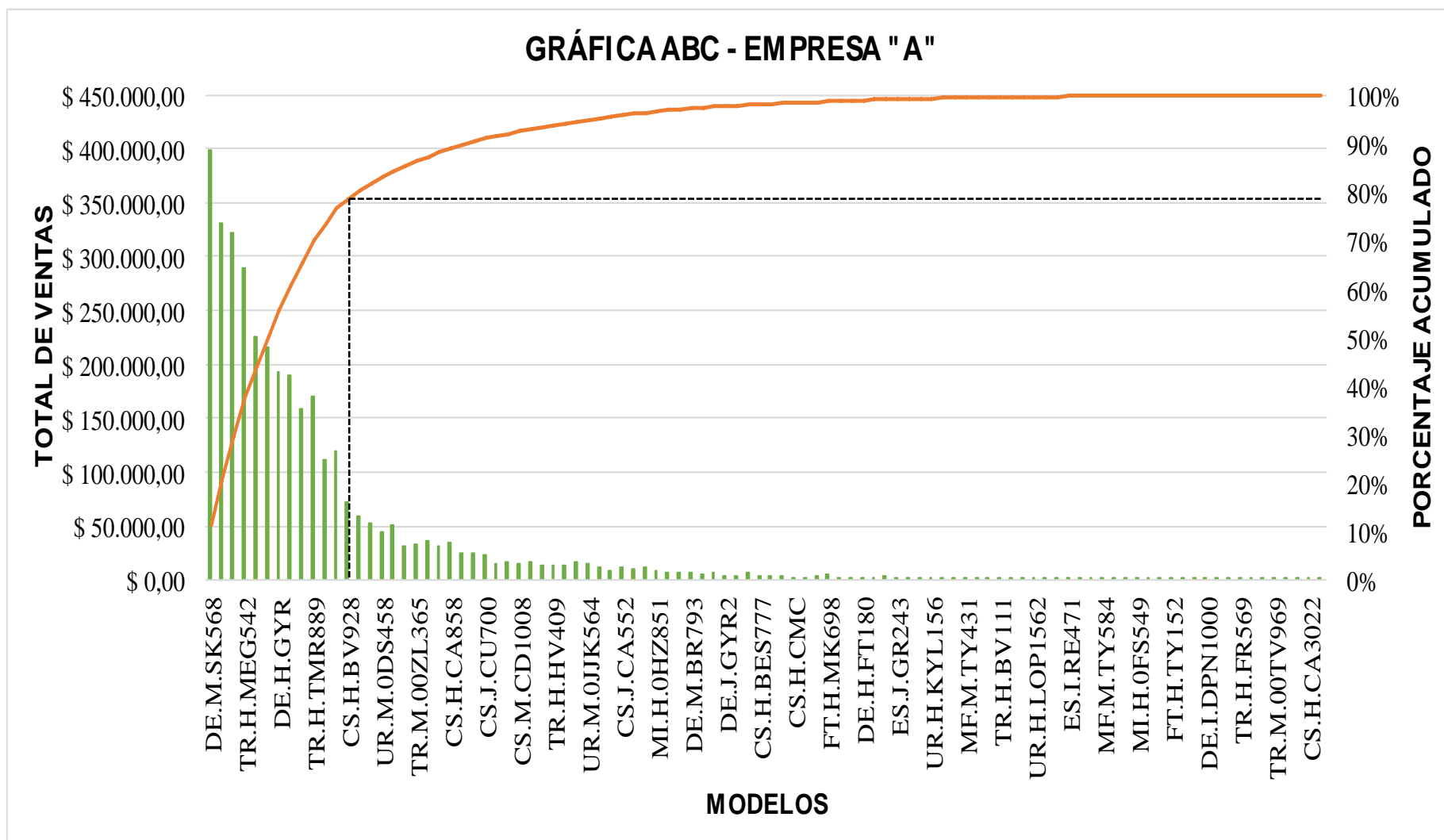


Fig. 6. Análisis ABC de los Productos de la Empresa A

4.2.3 Productos Ofertados por la Empresa B

En la Tabla 3 se describen los modelos ofertados por la Empresa B definiendo un total de 45 productos entre sus líneas seguridad industrial y seguridad industrial a inyección para hombres, mujeres, jóvenes y niños.

Tabla 3. Productos ofertados por la Empresa "B"

No.	Modelo	Tipo de calzado	Total/Año (pares)	Costo unitario (dólares)
1	B-01	SEGURIDAD	1177	\$ 30,00
2	B-02	SEGURIDAD	5382	\$ 50,00
3	B-03	SEGURIDAD	3420	\$ 50,00
4	B-04	SEGURIDAD	716	\$ 35,00
5	B-05	SEGURIDAD	63	\$ 38,00
6	B-06	SEGURIDAD	7	\$ 43,50
7	B-07	SEGURIDAD	28	\$ 95,00
8	B-08	SEGURIDAD	6	\$ 35,00
9	B-09	SEGURIDAD	33	\$ 35,00
10	B-10	SEGURIDAD	291	\$ 50,00
11	D-01	SEGURIDAD	157	\$ 32,50
12	D-02	SEGURIDAD	6039	\$ 26,00
13	D-03	SEGURIDAD	12	\$ 52,00
14	D-04	SEGURIDAD	5	\$ 35,00
15	D-05	SEGURIDAD	2431	\$ 45,00
16	D-06	SEGURIDAD	20	\$ 35,00
17	M-01	SEGURIDAD	768	\$ 32,50
18	R-01	SEGURIDAD	1717	\$ 31,50
19	R-02	SEGURIDAD	471	\$ 30,50
20	R-03	SEGURIDAD	742	\$ 24,70
21	R-04	SEGURIDAD	347	\$ 42,00
22	R-05	SEGURIDAD	15	\$ 32,50
23	R-06	SEGURIDAD	330	\$ 29,50
24	R-07	SEGURIDAD	289	\$ 27,80
25	S-01	SEGURIDAD	6813	\$ 26,00
26	S-02	SEGURIDAD	3	\$ 37,50
27	S-03	SEGURIDAD	19	\$ 36,00
28	S-04	SEGURIDAD	4301	\$ 37,00
29	S-05	SEGURIDAD	4991	\$ 25,00
30	S-06	SEGURIDAD	45	\$ 42,80
31	S-07	SEGURIDAD	117	\$ 41,00
32	S-08	SEGURIDAD	192	\$ 41,00
33	S-09	SEGURIDAD	10883	\$ 25,50
34	S-10	SEGURIDAD	11886	\$ 33,00
35	S-11	SEGURIDAD	119	\$ 36,30

36	S-12	SEGURIDAD	267	\$ 26,00
37	S-13	SEGURIDAD	6262	\$ 32,00
38	S-14	SEGURIDAD	4637	\$ 34,50
39	S-15	SEGURIDAD	6682	\$ 28,00
40	S-16	SEGURIDAD	9	\$ 36,00
41	S-17	SEGURIDAD	198	\$ 43,50
42	S-18	SEGURIDAD	4525	\$ 44,00
43	S-19	SEGURIDAD	396	\$ 29,00
44	S-20	SEGURIDAD	28	\$ 23,00
45	S-21	SEGURIDAD	65	\$ 22,60

4.2.4 Desarrollo de la Gráfica ABC Empresa B

Con la finalidad de que se identifiquen las tres clases de productos se procede a determinar el valor correspondiente al porcentaje de participación monetaria, valoración, porcentaje de consumo y porcentaje de participación acumulada mediante la aplicación de los cálculos mostrados en el apartado 4.2.2, obteniendo como resultados los datos descritos en la Tablas 4.

Tabla 4. Clasificación ABC de Modelos - Empresa B

Modelo	Ventas anuales	Costo unitario	Total en ventas	% Particip.	% de consumo	% de consumo acumulado	Clasificación
S-10	11886	\$ 33,00	\$ 392.238,00	2,22%	13,69%	13,69%	A
S-09	10883	\$ 25,50	\$ 277.516,50	2,22%	9,68%	23,37%	A
S-01	6813	\$ 26,00	\$ 177.143,89	2,22%	6,18%	29,55%	A
S-15	6682	\$ 28,00	\$ 187.103,46	2,22%	6,53%	36,08%	A
S-13	6262	\$ 32,00	\$ 200.371,43	2,22%	6,99%	43,07%	A
D-02	6039	\$ 26,00	\$ 157.006,47	2,22%	5,48%	48,55%	A
B-02	5382	\$ 50,00	\$ 269.096,32	2,22%	9,39%	57,94%	A
S-05	4991	\$ 25,00	\$ 124.775,77	2,22%	4,35%	62,29%	A
S-14	4637	\$ 34,50	\$ 159.982,51	2,22%	5,58%	67,87%	A
S-18	4525	\$ 44,00	\$ 199.088,28	2,22%	6,95%	74,82%	A
S-04	4301	\$ 37,00	\$ 159.143,50	2,22%	5,55%	80,37%	B
B-03	3420	\$ 50,00	\$ 171.008,61	2,22%	5,97%	86,34%	B
R-01	1717	\$ 31,50	\$ 54.086,47	2,22%	1,89%	88,23%	B
D-05	2431	\$ 45,00	\$ 109.381,35	2,22%	3,82%	92,04%	B
B-01	1177	\$ 30,00	\$ 35.299,67	2,22%	1,23%	93,28%	B
M-01	768	\$ 32,50	\$ 24.956,81	2,22%	0,87%	94,15%	B
B-04	716	\$ 35,00	\$ 25.070,90	2,22%	0,87%	95,02%	B
R-02	471	\$ 30,50	\$ 14.363,27	2,22%	0,50%	95,52%	C
R-03	742	\$ 24,70	\$ 18.330,03	2,22%	0,64%	96,16%	C

R-06	330	\$ 29,50	\$ 9.736,35	2,22%	0,34%	96,50%	C
S-19	396	\$ 29,00	\$ 11.489,42	2,22%	0,40%	96,90%	C
R-04	347	\$ 42,00	\$ 14.584,18	2,22%	0,51%	97,41%	C
S-12	267	\$ 26,00	\$ 6.947,49	2,22%	0,24%	97,65%	C
R-07	289	\$ 27,80	\$ 8.035,26	2,22%	0,28%	97,93%	C
B-10	291	\$ 50,00	\$ 14.551,11	2,22%	0,51%	98,44%	C
S-17	198	\$ 43,50	\$ 8.602,68	2,22%	0,30%	98,74%	C
S-08	192	\$ 41,00	\$ 7.891,33	2,22%	0,28%	99,02%	C
S-11	119	\$ 36,30	\$ 4.321,68	2,22%	0,15%	99,17%	C
D-01	157	\$ 32,50	\$ 5.094,54	2,22%	0,18%	99,35%	C
S-07	117	\$ 41,00	\$ 4.799,88	2,22%	0,17%	99,51%	C
S-21	65	\$ 22,60	\$ 1.464,90	2,22%	0,05%	99,57%	C
B-05	63	\$ 38,00	\$ 2.412,84	2,22%	0,08%	99,65%	C
S-06	45	\$ 42,80	\$ 1.924,98	2,22%	0,07%	99,72%	C
B-07	28	\$ 95,00	\$ 2.701,88	2,22%	0,09%	99,81%	C
S-20	28	\$ 23,00	\$ 638,93	2,22%	0,02%	99,83%	C
D-06	20	\$ 35,00	\$ 694,48	2,22%	0,02%	99,86%	C
B-09	33	\$ 35,00	\$ 1.157,47	2,22%	0,04%	99,90%	C
R-05	15	\$ 32,50	\$ 472,91	2,22%	0,02%	99,91%	C
D-03	12	\$ 52,00	\$ 619,08	2,22%	0,02%	99,94%	C
D-04	5	\$ 35,00	\$ 185,20	2,22%	0,01%	99,94%	C
S-03	19	\$ 36,00	\$ 666,71	2,22%	0,02%	99,97%	C
S-16	9	\$ 36,00	\$ 333,35	2,22%	0,01%	99,98%	C
B-06	7	\$ 43,50	\$ 316,49	2,22%	0,01%	99,99%	C
B-08	6	\$ 35,00	\$ 208,35	2,22%	0,01%	100,00%	C
S-02	3	\$ 37,50	\$ 124,02	2,22%	0,00%	100,00%	C

En función de los datos obtenidos se desarrolla el gráfico ABC que incluye a cada uno de los modelos de la Empresa B tal como se indica en la Fig. 7, en donde se establece un porcentaje del 75% de las ventas para los modelos tipo A, un porcentaje del 20% en ventas para los modelos tipo B y los artículos sobrantes corresponden al producto tipo C.

En base a los resultados obtenidos se establece que para el estudio planteado se analizan los modelos de seguridad industrial (S10) y seguridad industrial a inyección (S09) al ser los productos mas vendidos de la Empresa B.

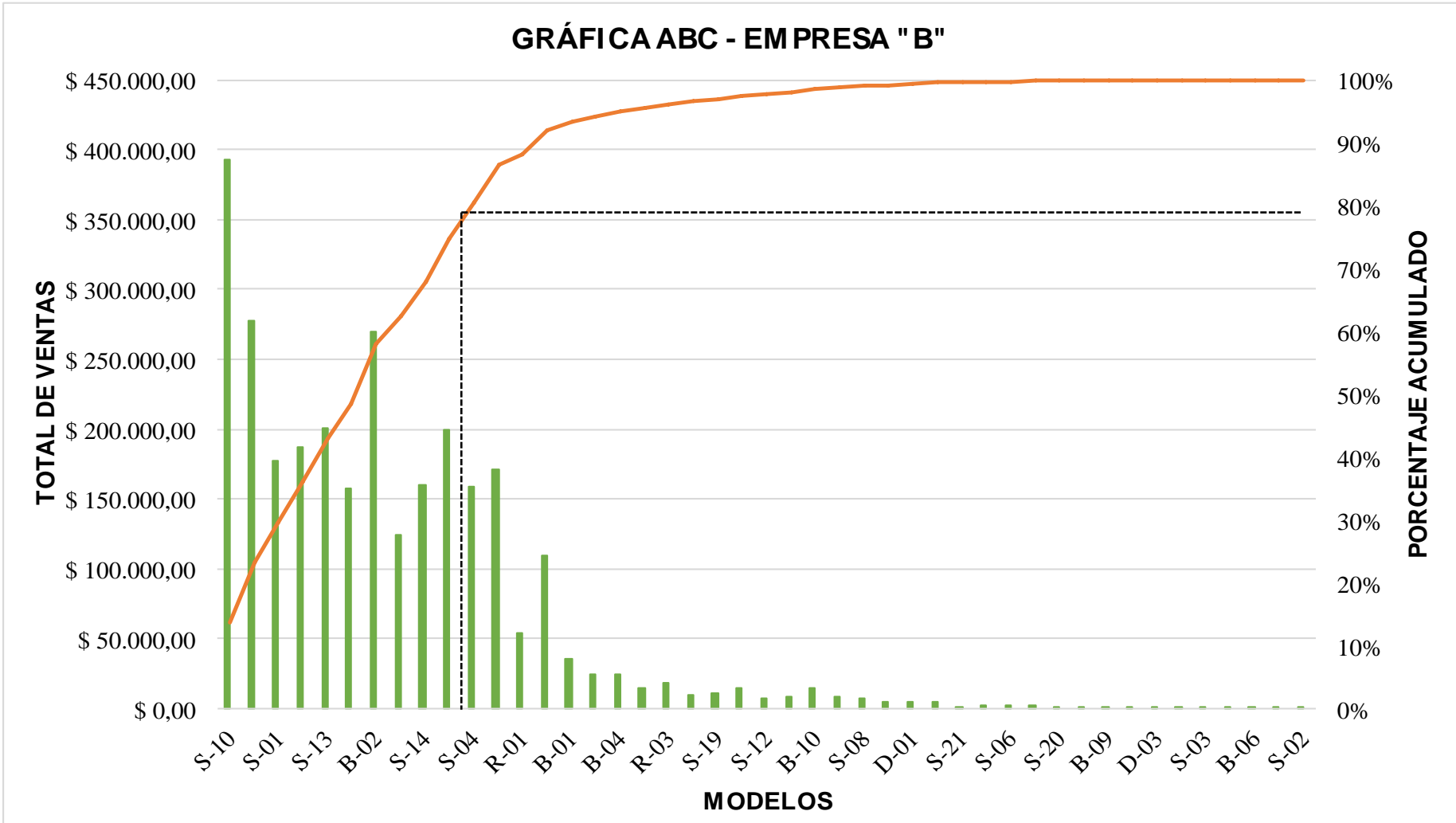


Fig. 7. Análisis ABC de los Productos de la Empresa B

4.3 Estudio de los Tiempos de Producción en Aparado para las Empresas A y B

Una de las técnicas más importantes para el análisis de los procesos se enfoca en los resultados generados por el estudio de tiempos, pues a partir de ellos se identifican posibles fallas en el funcionamiento del proceso de elaboración del sub ensamble de aparado en cada empresa, con el fin de que los tiempos improductivos se reduzcan, mejorando los índices de productividad y eficiencia del área.

4.3.1 Levantamiento de Procesos de los Modelos de la Empresa A

A través del levantamiento de procesos se busca adquirir información relevante sobre los procesos que tiene lugar en el subensamble de aparado de la manera más exacta posible al analizar e identificar cada una de las actividades junto con las entradas y salidas definidas en cada proceso.

Para el desarrollo de la investigación se lleva a cabo un levantamiento de procesos para cada modelo de la Empresa A, dado que el proceso de aparado está compuesto por diferentes actividades para cada uno de ellos.

Levantamiento de Procesos del Modelo Casual para Hombre de la Empresa A

A continuación, se muestra en las Tablas de la 5 a la 12 la información referente al levantamiento del proceso del modelo casual para hombre elaborado bajo una línea de fabricación de tipo convencional.

Tabla 5. Levantamiento de procesos de aparado del modelo casual en rayado de cortes - Empresa A

Producto	CASUAL
Macro Proceso	APARADO
Proceso	RAYADO DE CORTES
Máquina:	Para este proceso no se utiliza ninguna máquina ya que el mismo es manual
Objetivo: Rayar cortes	Entradas: Cortes de cuero destallados
Recursos: Cortes de cuero	Salidas: Cortes de cuero rayados
N	Actividades
1	Rayado chapeta
2	Rayado laterales
3	Rayado cuellos de talón
4	Rayado de puntera
5	Pintar los fillos de los cortes rayados

Tabla 6. Levantamiento de procesos de aparado del modelo casual en serigrafiado de cortes - Empresa A


Producto	CASUAL	
Macro Proceso	APARADO	
Proceso	SERIGRAFIADO DE CORTES	
Máquina: Estampadora neumática		
Objetivo: Serigrafiar cortes	Entradas: Cortes de cuero rayados	
Recursos: Cortes de cuero	Salidas: Cortes de cuero Serigrafiados	
N	Actividades	
1	Estampar logo de marca lateral	
2	Estampar logo de marca en la lengüeta	

Tabla 7. Levantamiento de procesos de aparado del modelo casual en aparado de talón - Empresa A


Producto	CASUAL	
Macro Proceso	APARADO	
Proceso	APARAR TALÓN	
Máquina: Máquina de 1 aguja		
Objetivo: Aparar el talón	Entradas: Cortes de cuero serigrafiados	
Recursos: Cortes de cuero	Salidas: Talón aparado	
N	Actividades	
1	Colocar pega negra en el cuello del talón	
2	Colocar pega en laterales	
3	Pegar laterales al cuello del talón	
4	Cosér sobre la unión pegada de laterales y cuello de talón	

Tabla 8. Levantamiento de procesos de aparado del modelo casual en aparado de capellada - Empresa A


Producto	CASUAL
Macro Proceso	APARADO
Proceso	APARAR CAPELLADA
Máquinas: Máquina de 1 agujaMáquina de 2 agujas	
 	
Objetivo: Armar capellada	Entradas: Talón aparado
Recursos: Cortes de cuero	Salidas: Capellada aparada
N	Actividades
1	Coser costuras de adorno en las punteras del corte
2	Coser la chapeta con la puntera
3	Golpear la unión de la chapeta y puntera en la martilladora neumática
4	Sobrecoser la unión de la chapeta y puntera

Tabla 9. Levantamiento de procesos de aparado del modelo casual en aparado delengüetas - Empresa A


Producto	CASUAL
Macro Proceso	APARADO
Proceso	APARAR LENGÜETA
Máquinas: Máquina de 1 aguja Estampadora	
 	
Objetivo: Aparar lengüeta	Entradas: Capellada aparada
Recursos: Cortes de cuero	Salidas: Lengüeta aparada
N	Actividades
1	Estampar etiqueta al forro de lengüeta
2	Coser el forro a la lengüeta
3	Colocar pega en la lengüeta y pegar la esponja de lengüeta
4	Empastar la lengüeta
5	Coser el forro y la lengüeta para sujetar la esponja
6	Recortar excesos de forro de la lengüeta

Tabla 10. Levantamiento de procesos de aparado del modelo casual en cerrado de corte - Empresa A


Producto	CASUAL
Macro Proceso	APARADO
Proceso	CERRAR CORTE
Máquina: Máquina de 1 aguja	
Objetivo: Cerrar el corte	Entradas: Lengüeta aparada
Recursos: Cortes de cuero	Salidas: Corte cerrado
N	Actividades
1	Colocar pega en los bordes de la capellada
2	Colocar pega en los laterales
3	Pegar la capellada a los laterales
4	Sobrecoser o cerrar la unión de la capellada con los laterales
5	Colocar pega en el corte inferior de talón y pegar al corte
6	Coser la unión de talón
7	Coser costuras de ojalera

Tabla 11. Levantamiento de procesos de aparado del modelo casual en embolsado de corte - Empresa A




Producto	CASUAL
Macro Proceso	APARADO
Proceso	EMBOLSAR CORTE
Máquinas: Máquina de 1 aguja	Máquina de 2 agujas
	
Objetivo: Embolsado del corte	Entradas: Corte cerrado
Recursos: Cortes de cuero	Salidas: Corte embolsado
N	Actividades
1	Ribetear forro y cuello talón
2	Colocar pega amarilla en la esponja del cuello de talón
3	Colocar pega amarilla en el cuello del talón
4	Pegar la esponja al cuello del talón y virar el corte al revés
5	Colocar pega en el forro, esponja y en el talón interno del corte
6	Pegar el forro al corte y virar al derecho el corte (embolsar)
7	Coser el forro a las orejeras de los laterales
8	Recortar excesos de forro en las orejeras y capellada
9	Coser las orejeras a la capellada

Tabla 12. Levantamiento de procesos de aparado del modelo casual en terminado – Empresa A

Producto		CASUAL
Macro Proceso		APARADO
Proceso		TERMINADO
Máquina: Ojalilladora		
Objetivo: Terminado e inspección del corte armado	Entradas: Corte embolsado	
Recursos: Cortes de cuero	Salidas: Corte aparado	
N	Actividades	
1	Limpiar manchas de pega, pulir hilos y revisar la calidad del armado	
2	Ojalillar la capellada	
3	Recortar el exceso de forro de la capellada	
4	Colocar pega en los laterales del forro y pegar al corte	

Levantamiento de Procesos del Modelo Deportivo de Mujer de la Empresa A

De la Tabla 13 a la 20 se detalla la información referente al levantamiento del proceso del modelo deportivo para mujer de la Empresa A, elaborado bajo una línea de fabricación de tipo convencional.

Tabla 13. Levantamiento de procesos de aparado modelo deportivo en destallado de cortes - Empresa A


Producto		DEPORTIVO MUJER
Macro Proceso		APARADO
Proceso		DESTALLADO DE CORTES
Máquina: Destalladora		
Objetivo: Destallar contornos del corte	Entradas: Cortes de cuero	
Recursos: Cortes de cuero	Salidas: Cortes de cuero destallados	
N	Actividades	
1	Destallar laterales	
2	Destallar talón	
3	Destallar puntera	
4	Destallar collarín de talón	
5	Destallar tiras	

Tabla 14. Levantamiento de procesos de aparado del modelo deportivo en rayado de cortes- Empresa A

Producto		DEPORTIVO MUJER
Macro Proceso		APARADO
Proceso		RAYADO DE CORTES
Máquina:		Para este proceso no se utiliza ninguna máquina ya que el mismo es manual
Objetivo: Rayar cortes		Entradas: Cortes de cuero destallados
Recursos: Cortes de cuero		Salidas: Cortes de cuero rayados
N	Actividades	
1	Rayado de la capellada	
2	Colocar pega amarilla en los laterales (orejeras)	
3	Pegar los laterales a la capellada	
4	Colocar cortes en la plancha	
5	Cosar en la autómeta los cortes pegados	

Tabla 15. Levantamiento de procesos de aparado del modelo deportivo en aparado de talón- Empresa A

Producto		DEPORTIVO MUJER
Macro Proceso		APARADO
Proceso		APARAR TALÓN
Máquina:		
Máquina de 1 aguja		
Objetivo: Aparar el talón		Entradas: Cortes de cuero serigrafiados
Recursos: Cortes de cuero		Salidas: Talón aparado
N	Actividades	
1	Colocar pega en el corte de tela y cuero que forman el cuello del talón	
2	Pegar los cortes del cuello del talón	
3	Colocar pega en el talón, cuello del talón y corte de adorno del talón	
4	Pegar el talón, cuello talón y corte de adorno para dar forma al talón	
5	Cosar el corte del talón	

Tabla 16. Levantamiento de procesos de aparado modelo deportivo en aparado de capellada - Empresa A


Producto	DEPORTIVO MUJER
Macro Proceso	APARADO
Proceso	APARAR CAPELLADA
Máquinas: Máquina de 1 agujaMáquina de 2 agujas	
	
Objetivo: Armar capellada	Entradas: Talón aparado
Recursos: Cortes de cuero	Salidas: Capellada aparada
N	Actividades
1	Colocar pega en cortes de la capellada
2	Pegar cortes pequeños de adorno en la capellada
3	Coser los cortes pegados en la capellada
4	Colocar pega en los laterales y pegarlos a la capellada
5	Coser los laterales pegados a la capellada
6	Colocar pega en la puntera y en la capellada, y pegar los dos cortes
7	Coser la puntera
8	Coser logo de la marca en los laterales

Tabla 17. Levantamiento de procesos de aparado del modelo deportivo en aparado lengüeta - Empresa A


Producto	DEPORTIVO MUJER
Macro Proceso	APARADO
Proceso	APARAR LENGÜETA
Máquinas: Máquina de 1 agujaEstampadora	
	
Objetivo: Aparar lengüeta	Entradas: Capellada aparada
Recursos: Cortes de cuero	Salidas: Lengüeta aparada
N	Actividades
1	Estampar etiqueta al forro de lengüeta
2	Colocar pega en la lengüeta y pegar cinta del logo de la marca
3	Coser la cinta pegada
4	Coser el forro a la lengüeta
5	Colocar pega en la lengüeta y pegar la esponja de lengüeta
6	Empastar la lengüeta (girar al derecho la lengüeta)
7	Golpear los filos y esquinas de la lengüeta
8	Coser el forro y la lengüeta para sujetar la esponja
9	Recortar excesos de forro de la lengüeta

Tabla 18. Levantamiento de procesos de aparado del modelo deportivo en cerrado de corte - Empresa A

Producto		DEPORTIVO MUJER
Macro Proceso		APARADO
Proceso		CERRAR CORTE
Máquina:		
Máquina de 1 aguja		
Objetivo: Cerrar el corte		Entradas: Lengüeta aparada
Recursos: Cortes de cuero		Salidas: Corte cerrado
N	Actividades	
1	Colocar pega en el talón y laterales	
2	Pegar el talón con los laterales	
3	Cerrar o coser el talón, cuello talón y laterales pegados	

Tabla 19. Levantamiento de procesos de aparado modelo deportivo en embolsado de corte - Empresa A




Producto		DEPORTIVO MUJER
Macro Proceso		APARADO
Proceso		EMBOLSAR CORTE
Máquinas:		
Máquina de 1 aguja	Máquina de 2 agujas	Ojalilladora
		
Objetivo: Embolsado del corte		Entradas: Corte cerrado
Recursos: Cortes de cuero		Salidas: Corte embolsado
N	Actividades	
1	Unir o coser el forro en la máquina sigsadora	
2	Ribetear forro y cuello talón	
3	Colocar pega amarilla en la esponja del cuello de talón	
4	Pegar la esponja y virar el corte al revés	
5	Colocar pega en el forro, esponja y en el talón interno del corte	
6	Pegar el forro al corte y virar al derecho el corte	
7	Cosar el forro en las orejeras de los laterales	
8	Recortar excesos de forro en las orejeras y capellada	
9	Ojalillar la capellada	

Tabla 20. Levantamiento de procesos de aparado del modelo deportivo en terminado

Producto		DEPORTIVO MUJER
Macro Proceso		APARADO
Proceso		TERMINADO
Máquina:		Para este proceso no se utiliza ninguna máquina ya que dicho proceso es manual
Objetivo: Terminado e inspección del corte armado		Entradas: Corte embolsado
Recursos: Cortes de cuero		Salidas: Corte aparado
N	Actividades	
1	Limpiar manchas de pega, pulir hilos y revisar la calidad del armado	

4.3.2 Levantamiento de Procesos de los Modelos de la Empresa B

Para el desarrollo de la investigación se lleva a cabo el levantamiento de procesos para cada modelo de la Empresa B debido a que el proceso de aparado está compuesto por diferentes actividades para cada uno de ellos.

Levantamiento de Procesos del Modelo de Seguridad Industrial de la Empresa B

De la Tabla 21 a la 27 se detalla la información referente al levantamiento del proceso del modelo de seguridad industrial elaborado bajo una línea de fabricación de tipo convencional.

Tabla 21. Levantamiento de procesos de aparado del modelo seguridad en destallar cortes - Empresa B

Producto		SEGURIDAD
Macro Proceso		APARADO
Proceso		DESTALLADO DE CORTES
Máquina: Destalladora		Estampadora
		
Objetivo: Destallar contornos del corte		Entradas: Cortes de cuero
Recursos: Cortes de cuero		Salidas: Cortes de cuero destallados
N	Actividades	
1	Destallar laterales	
2	Destallar lengüeta	
3	Destallar capellada	
4	Estampar etiqueta en la lengüeta	

Tabla 22. Levantamiento de procesos de aparado del modelo de seguridad en rayar cortes - Empresa B

Producto		SEGURIDAD
Macro Proceso		APARADO
Proceso		RAYADO DE CORTES
Máquina:		Para este proceso no se utiliza ninguna máquina ya que el mismo es manual
Objetivo: Rayar cortes		Entradas: Cortes de cuero destallados
Recursos: Cortes de cuero destallados		Salidas: Cortes de cuero rayados
N	Actividades	
1	Rayado de capellada	
2	Rayado de talón lateral	

Tabla 23. Levantamiento de procesos de aparado del modelo de seguridad en aparado de talón – Empresa B


Producto		SEGURIDAD
Macro Proceso		APARADO
Proceso		APARAR TALÓN
Máquina:		
Máquina de 1 aguja		
Objetivo: Aparar el talón		Entradas: Cortes de cuero serigrafiados
Recursos: Cortes de cuero		Salidas: Talón aparado
N	Actividades	
1	Cosar el talón lateral	
2	Pegar cinta adherible de refuerzo a lo largo de la costura	
3	Cosar cinta de refuerzo	
4	Colocar pega en contrafuerte de talón	
5	Pegar el contrafuerte al talón	
6	Cosar el contrafuerte pegado en el talón	
7	Cosar orejeras en los laterales	

Tabla 24. Levantamiento de procesos de aparado del modelo de seguridad en armando de capellada - Empresa B



Producto		SEGURIDAD
Macro Proceso		APARADO
Proceso		APARAR CAPELLADA
Máquinas: Máquina de 1 agujaMáquina de 2 agujas		
		
Objetivo: Armar capellada		Entradas: Talón aparado
Recursos: Cortes de cuero		Salidas: Capellada aparada
N	Actividades	
1	Cosar la punta del forro de capellada	
2	Colocar pega en la lengüeta	
3	Colocar pega en el forro y capellada	
4	Pegar lengüeta y forro a la capellada	
5	Cosar lengüeta y forro pegado a la capellada a dos costuras	

Tabla 25. Levantamiento de procesos de aparado del modelo de seguridad en cerrado de corte – Empresa B


Producto		SEGURIDAD
Macro Proceso		APARADO
Proceso		CERRAR CORTE
Máquina:		
Máquina de 1 aguja		
Objetivo: Cerrar el corte		Entradas: Lengüeta aparada
Recursos: Cortes de cuero		Salidas: Corte cerrado
N	Actividades	
1	Colocar pega en laterales y capellada	
2	Pegar la capellada con los laterales	
3	Cerrar o coser la unión de los laterales y capellada a doble aguja 4 costuras	

Tabla 26. Levantamiento de procesos de aparado del modelo de seguridad en embolsado de cortes




Producto	SEGURIDAD
Macro Proceso	APARADO
Proceso	EMBOLSAR CORTE
Máquinas: Máquina de 1 aguja <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>	
Objetivo: Embolsado del corte	Entradas: Corte cerrado
Recursos: Cortes de cuero	Salidas: Corte embolsado
N	Actividades
1	Coser ribeteado del cuello de talón y forro
2	Colocar pega amarilla en la esponja del cuello de talón
3	Pegar la esponja
4	Colocar pega en el forro y el esponja
5	Pegar el forro a la esponja y cuello del talón
6	Coser el forro en el collarín del talón

Tabla 27. Levantamiento de procesos de aparado del modelo de seguridad en terminado - Empresa B

Producto	SEGURIDAD
Macro Proceso	APARADO
Proceso	TERMINADO
Máquina: Ojalilladora <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center;">  </div>	
Objetivo: Terminado e inspección del corte armado	Entradas: Corte embolsado
Recursos: Cortes de cuero	Salidas: Corte aparado
N	Actividades
1	Ojalillar la capellada

Levantamiento de Procesos del Modelo de Seguridad Industrial a Inyección Empresa B

Al hacer referencia a los modelos de calzado cuyo proceso de montaje tiene lugar mediante inyección se requiere considerar una serie de actividades que complementan el desarrollo estándar del aparado. Es por ello, que para el caso del presente modelo se mantiene el proceso de fabricación detallado desde la Tabla 21 hasta la 27, agregando el proceso descrito en las Tablas de la 28 a la 30, las mismas que se enfocan en el método strobrel de fabricación cuyo producto final es el corte aparado estándar cosido a una plantilla.

Tabla 28. Levantamiento de procesos de aparado del modelo de seguridad a inyección en preparación de cortes – Empresa B

Producto		SEGURIDAD INYECCIÓN
Macro Proceso		APARADO
Proceso		PREPARACIÓN DE CORTES
Máquina:		Para este proceso no se utiliza ninguna máquina ya que el mismo es realiza de forma manual
Objetivo: Preparar el corte aparado		Entradas: Corte ojalillado
Recursos: Cortes de cuero aparados		Salidas: Corte aparado
N	Actividades	
1	Colocar pasador provisional en cortes	
2	Recortar exceso de forros de las capelladas	
3	Colocar pega y colocar contrafuerte al corte	

Tabla 29. Levantamiento de procesos de aparado del modelo de seguridad a inyección en conformado de talón – Empresa B

Producto		SEGURIDAD INYECCIÓN
Macro Proceso		APARADO
Proceso		CONFORMADO DE TALÓN
Máquina:		
Conformadora de talón		
Objetivo: Conformar el talón		Entradas: Corte aparado
Recursos: Cortes aparados		Salidas: Corte aparado conformado el talón
N	Actividades	
1	Conformar talón en calor	
2	Conformar talón en frio	

Tabla 30. Levantamiento de procesos de aparado del modelo de seguridad a inyección en coser plantilla al corte - Empresa B

Producto		SEGURIDAD INYECCIÓN
Macro Proceso		APARADO
Proceso		COSER PLANTILLAS AL CORTE (PROCESO STROBEL)
Máquina: Máquina strobel <div style="text-align: center;">  </div>		
Objetivo: Coser plantillas al corte		Entradas: Corte conformado del talón
Recursos: Cortes aparados y plantillas		Salidas: Corte aparado cosido la plantilla
N	Actividades	
1	Tomar corte y marcar el talón a los laterales	
2	Tomar plantilla y colocar en el corte	
3	Coser la plantilla al corte en la máquina strobel	

4.3.3 Estudio de Tiempos y Movimientos

El estudio de tiempos es una técnica a través de la que se puede definir un estándar respecto al tiempo que toma llevar a cabo un proceso, lo que la convierte en una herramienta complementaria para la investigación, ya que a partir de este se obtiene información base para el sistema de producción planteado.

Las Tablas 31, 32, 33 y 34 que se muestran en el presente documento incluyen información referente al estudio de tiempos realizado sobre cada modelo de las dos empresas analizadas, dicho estudio se encuentra a cargo de un investigador participante del proyecto de un sistema de optimización operacional a cargo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial [23].

Resumen del Estudio de Tiempos de los Modelos de la Empresa A

Debido al número de procesos descritos en la Tabla 31 se dice que el tiempo estándar para el aparado del modelo casual de hombre es de 32,42 min/par.

Tabla 31. Resumen del estudio de tiempos - Modelo casual – Empresa A [23]

TABLA DE RESUMEN	TB (min/par)	TAM (min/par)	TM (min/par)	Suplemento (%)	TS (min/par)
Destallado	1.336	0.141	1.195	18	1.361
Rayado	1.437	1.437	0.000	20	1.725
Serigrafiado	0.727	0.127	0.601	17	0.749
Aparartalon	1.455	0.350	1.105	16	1.511
Apararcapellada	4.291	0.000	4.291	17	4.291
Cerrar	5.929	1.868	0.000	17	6.247
Embolsar	7.892	1.933	4.061	15	8.480
Apararlengüeta	3.096	0.918	2.178	17	3.920
Terminado	3.479	3.479	0.000	19	4.140
Tiempo Total	29.642	10.253	13.430		32.42

En base al número de procesos descritos la Tabla 32 se establece que el tiempo estándar para el aparado del modelo deportivo de mujer es de 30,63 min/par.

Tabla 32. Resumen del estudio de tiempos - Modelo deportivo – Empresa A [23]

TABLA DE RESUMEN	TB (min/par)	TAM (min/par)	TM (min/par)	Suplemento (%)	TS (min/par)
Destallado	1.217	0.134	1.083	22	1.246
Rayado	3.885	2.752	1.133	16	4.325
Aparartalon	1.611	1.146	0.465	18	1.817
Apararcapellada	5.727	2.511	3.216	16	6.129
Cerrar	3.826	1.137	2.689	16	4.008
Embolsar	7.110	4.027	3.084	16	7.754
Apararlengüeta	3.641	1.217	2.424	14	3.811
Terminado	1.263	1.263	0.000	22	1.541
Tiempo Total	28.280	14.186	14.094		30.63

Resumen del Estudio de Tiempos de los Modelos de la Empresa B

Debido al número de procesos descritos la Tabla 33 se establece que el tiempo estándar del aparato para el modelo de seguridad industrial es de 15,88 min/par.

Tabla 33. Resumen del estudio de tiempos - Modelo seguridad – Empresa B [23]

TABLA DE RESUMEN	TB (min/par)	TAM (min/par)	TM (min/par)	Suplemento (%)	TS (min/par)
Destallado	1.095	0.316	0.779	23	1.107
Rayado	1.104	1.104	0.000	20	1.115
Aparartalon	3.425	1.384	2.041	19	3.439
Embolsar	2.214	1.254	0.961	18	2.227
Apararcapellada	2.342	2.342	0.693	20	2.359
Cerrar	4.569	2.446	2.123	20	4.594
Terminado (Ojalillado)	1.019	0.606	0.413	23	1.044
Tiempo Total	15.769	9.453	7.009		15.88

Debido al número de procesos de la línea de fabricación strobel descritos en la Tabla 34 se establece que el tiempo estándar del aparato para el modelo de seguridad industrial a inyección es de 17,09 min/par.

Tabla 34. Resumen del estudio de tiempos - Modelo seguridad línea strobel– Empresa B [23]

TABLA DE RESUMEN	TB (min/par)	TAM (min/par)	TM (mi/par)	Suplemento (%)	TS (mi/par)
Destallado	1.07	0.29	0.78	23	1.13
Rayado	1.10	1.10	0.00	20	1.32
Aparartalon	3.43	1.38	2.04	19	3.69
Embolsarcorte	2.21	1.25	0.96	18	2.44
Apararcapellada	2.34	2.34	0.69	20	2.67
Cerrar corte	4.38	2.26	2.12	20	4.83
Terminado (Ojalillado)	0.89	0.48	0.41	23	1.00
Preparación de cortes	1.33	1.33	0.00	21	1.61
Conformado de talón	0.63	0.04	0.59	19	0.64
Proceso Strobel	0.89	0.31	0.58	21	0.96
Tiempo Total	15.425	9.109	7.009		17.09

4.3.4 Análisis de la Capacidad de Producción de las Empresas A y B.

Capacidad Actual de las Empresas

Las organizaciones sobre las que se aplica el modelo de planificación y programación de la producción propuesto para el área de aparato no poseen ningún tipo de estudio de tiempos para los modelos seleccionados en cada una, lo cual impide que las empresas realicen sus actividades con una cantidad de productos diarios calculada; no obstante, mediante un proceso de observación se genera un promedio de producción para cada turno de los meses de Junio a Diciembre del 2016 definiendo que en la Empresa A cada célula de manufactura es capaz de producir entre 51 a 56 pares promedio por turno entre los moldes casual y deportivo, mientras que en la Empresa B se producen un promedio de 92 a 96 pares por turno en cada célula para los modelos de seguridad seleccionados.

Cálculo de la Capacidad de Producción

Para realizar el cálculo del volumen de producción de cada modelo en estudio se hace uso de la ecuación 10, correspondiente al valor de la capacidad de producción, a partir de la cual se genera la ecuación 16 en que se considera el tiempo de producción diario y el número de células de las que se dispone en la organización seleccionada.

En adición, se tiene que debido a que el tiempo estándar definido en las Tablas de la 31 a la 34 se obtuvo en minutos por par se requiere realizar la conversión de unidades a horas por par.

$$CP = \frac{1}{TS} * TPD * \text{No. Células} \quad (16)$$

El desarrollo de este proyecto considera la situación actual de las empresas dedicadas a la producción de calzado de Tungurahua, es por ello que con fines de estudio se ha definido como condiciones de trabajo el laborar de lunes a viernes con 1 turno de 8 horas.

Capacidad de producción en la Empresa A

En las Tablas de la 35 y 36 se establece el valor del tiempo estándar y la capacidad de producción diaria por célula para los modelos casual y deportivo; además, se resalta la

menor capacidad de producción de manera que se identifique el proceso limitante para el resto de actividades.

Tabla 35. Cálculo de capacidades modelo casual – Empresa A

Proceso	TS (horas/par)	CP(pares/hora)	CP diaria por célula (pares/día)
Destallado	0,023	44,00	353,00
Rayado	0,029	35,00	278,00
Serigrafiado	0,012	80,00	641,00
Aparar talón	0,025	40,00	318,00
Aparar capellada	0,072	14,00	112,00
Cerrar	0,104	10,00	77,00
Embolsar	0,141	7,00	57,00
Aparar lengüeta	0,065	15,00	122,00
Terminado	0,069	14,00	116,00

Tabla 36. Cálculo de capacidades modelo deportivo – Empresa A

Proceso	TS (horas/par)	CP (pares/hora)	CP diaria por célula (pares/día)
Destallado	0,021	48,00	385,00
Rayado	0,072	14,00	111,00
Aparar talón	0,030	33,00	264,00
Aparar capellada	0,102	10,00	78,00
Cerrar	0,067	15,00	120,00
Embolsar	0,129	8,00	62,00
Aparar lengüeta	0,064	16,00	126,00
Terminado	0,026	39,00	311,00

Capacidad de producción en la Empresa B

En las Tablas de la 37 y 38 se establece el valor del tiempo estándar y la capacidad de producción diaria por célula para cada modelo de seguridad industrial; además, se resalta la menor capacidad de producción de manera que se identifique el proceso limitante para el resto de actividades.

Tabla 37. Cálculo de capacidades modelo seguridad industrial – Empresa B

Proceso	TS (horas/par)	CP (pares/hora)	CP diaria por célula (pares/día)
Destallado	0,018	54,00	434,00
Rayado	0,019	54,00	431,00
Aparar talón	0,057	17,00	140,00
Embolsar	0,037	27,00	216,00
Aparar capellada	0,039	25,00	203,00
Cerrar	0,077	13,00	104,00
Terminado (Ojalillado)	0,017	57,00	460,00

Tabla 38. Cálculo de capacidades modelo seguridad industrial a inyección – Empresa B

Proceso	TS (horas/par)	CP (pares/hora)	CP diaria por célula (pares/día)
Destallado	0,019	53,00	424,00
Rayado	0,022	45,00	362,00
Aparar talón	0,061	16,00	130,00
Embolsar corte	0,045	22,00	180,00
Aparar capellada	0,081	12,00	99,00
Cerrar corte	0,041	25,00	197,00
Terminado (Ojalillado)	0,017	60,00	480,00
Preparación de cortes	0,027	37,00	297,00
Conformado de talón	0,011	94,00	754,00
Proceso Strobel	0,016	62,00	500,00

Es importante tomar en consideración que el valor de la capacidad final por turno varía dependiendo de la cantidad de células de aparato existentes en la organización, lo que influye directamente en el tiempo que tomara el cumplimiento de la demanda receptada.

4.3.5 Aplicación de la Teoría de Restricciones en las Empresas A y B

Dentro del sistema de fabricación de aparato se consideran una serie de actividades que limitan y afectan de manera negativa a la producción, pues se generan incrementos en tiempos de espera y se reducen la productividad y eficiencia del proceso en cada empresa.

En lo que respecta a la planificación de la producción resulta fundamental considerar las posibles restricciones identificadas, pues se busca que la carga de trabajo se distribuya de manera que no se sobrecargue al sub ensamble. En el caso de la investigación realizada se establece la importancia de aplicar la “Teoría de las Restricciones”, la cual consta de 5 pasos de los que se toman en cuenta únicamente los 3 primeros.

Identificar las restricciones:

En este primer paso se identifican los factores que generan limitaciones en la capacidad de producción de las empresas, específicamente en la zona de aparado, en donde las restricciones identificadas hacen referencia en primer lugar a la menor capacidad de producción diaria por modelo, hecho que impide que la demanda solicitada por montaje sea cubierta.

Otra restricción se enfoca en el personal, pues la cantidad de células existentes en la zona de aparado influye directamente en el incremento o disminución de la capacidad y tiempos de fabricación por modelo; y finalmente se considera la contratación de personal capacitado de manera que la producción no sea afectada al incorporar personal nuevo a la empresa.

Decidir cómo explotar las restricciones

En este punto se busca aplicar métodos que ayuden a obtener el máximo provecho de las restricciones identificadas; para el caso en estudio se busca explotar las restricciones identificadas al establecer la capacidad de producción del proceso restringido en cada modelo de las empresas A y B como una base para el desarrollo de la programación de la producción combinada de manera que se aproveche la limitación de la capacidad y se asigne el tiempo restante a la realización de otros modelos de calzado acorde a las necesidades del mercado y las empresas.

En lo que respecta a la cantidad de células requeridas se busca generar el cálculo de la cantidad de células asignadas a partir del total de células que posee la empresa, de manera que se satisfagan la necesidad de producción.

Subordinar todo lo demás a las decisiones anteriores

En este tercer punto se busca emplear los recursos tecnológicos, humanos y materiales en base a las decisiones previamente descritas, de manera que la programación y

distribución de recursos se desarrolle al ritmo de las restricciones identificadas en cada organización.

Para ello, el programa de planificación de la producción se basa en la capacidad mínima registrada en cada modelo de las empresas; no obstante, se puede incrementar la capacidad mínima al asignar a uno de los miembros de la célula para colaborar en las actividades requeridas.

4.4 Estimación de la Demanda para la Programación de la Producción

Identificar la cantidad exacta a producir representa una de las tareas más importantes para dar paso a la programación de la producción, pues en función a ésta se puede evaluar la posibilidad de producir para inventarios o bajo pedidos; para el caso en estudio se establece que un análisis de los datos históricos de ventas de dos años atrás de manera que la proyección estacional obtenida tenga menor incertidumbre.

4.4.1 Histórico de Ventas

Para definir un método que facilite la proyección de datos es importante conocer las variaciones de las ventas registradas en períodos anteriores con el propósito de identificar los picos altos y bajos de cada modelo.

Histórico de Ventas de los Modelos de la Empresa A

En la Tabla 39 se observan las ventas realizadas de los modelos casual de hombre y deportivo de mujer pertenecientes a la Empresa A, en donde se incluye el conjunto de modelos restantes que se elaboran en la empresa identificados en la columna “Otros Modelos”, este hecho se da debido a la importancia de emplear la información de la totalidad de ventas que posee la empresa para el adecuado desarrollo de una planeación agregada, analizando el período de Junio del 2014 a Mayo del 2016.

Tabla 39. Histórico de Ventas Empresa A

Año	Periodo	Mes	Casual hombre (pares)	Deportivo mujer (pares)	Otros modelos (pares)
2014-2015	1	Junio	817	983	5252
	2	Julio	699	793	5380
	3	Agosto	712	875	7527
	4	Septiembre	653	853	4984
	5	Octubre	675	732	5542
	6	Noviembre	648	734	4894
	7	Diciembre	647	659	8656
	8	Enero	655	668	1995
	9	Febrero	731	806	6676
	10	Marzo	669	1025	5402
	11	Abril	645	847	5341
	12	Mayo	745	1095	6636
2015-2016	13	Junio	769	885	5322
	14	Julio	670	739	5149
	15	Agosto	680	950	7208
	16	Septiembre	641	816	4632
	17	Octubre	690	716	5932
	18	Noviembre	652	740	4750
	19	Diciembre	643	695	8789
	20	Enero	635	648	2877
	21	Febrero	688	852	5629
	22	Marzo	636	881	4813
	23	Abril	653	855	5215
	24	Mayo	704	889	6108

A través de la información recolectada se da origen a la Fig. 8, cuya principal característica se centra en el uso de dos ejes a diferente escala, el primero de ellos ubicado al costado izquierdo de la imagen que define la cantidad de producción respecto a los modelos casual y deportivo, mientras que el eje derecho define el rango de valores generado por los otros modelos. En la gráfica mencionada se establece que el modelo con mayor demanda en el mercado se centra en el calzado deportivo de mujer.

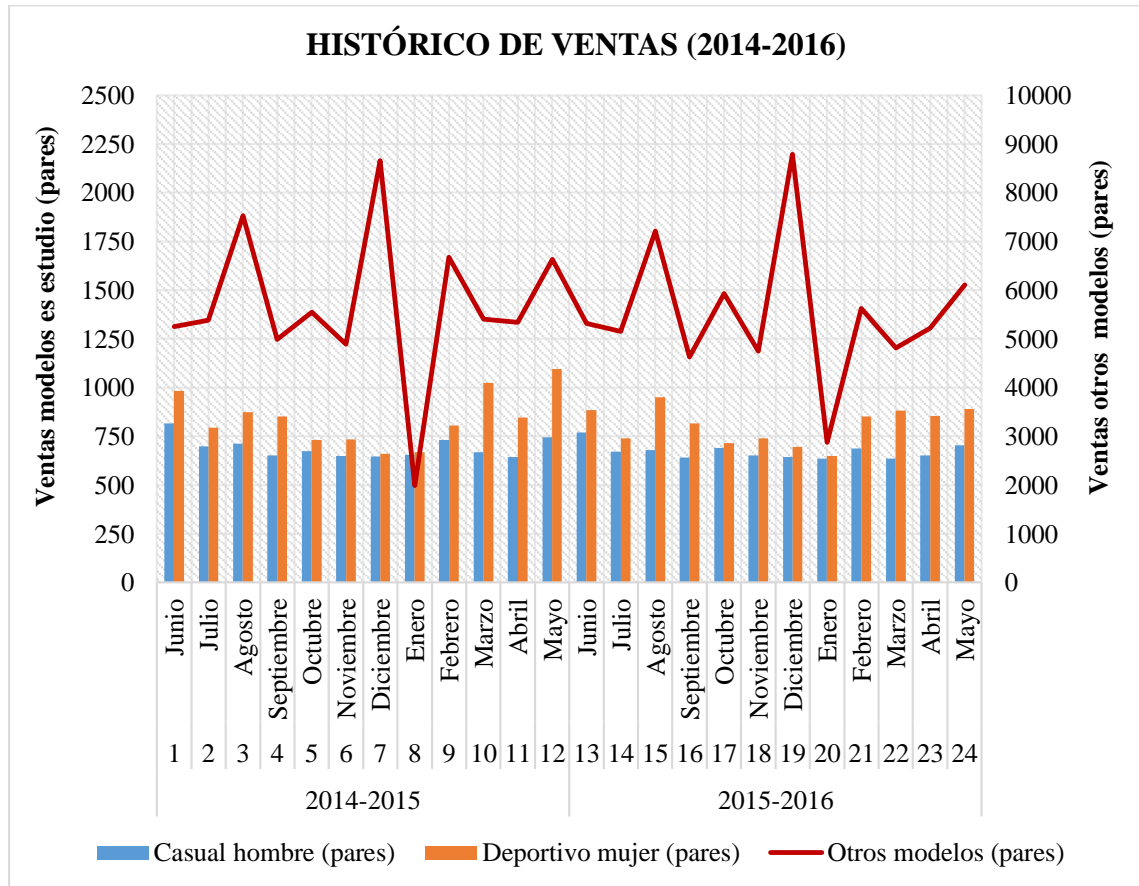


Fig. 8. Análisis del Histórico de Ventas de la Empresa A

Histórico de Ventas de los Modelos de la Empresa B

En la Tabla 40 se observan las ventas realizadas de los modelos seguridad industrial y seguridad industrial a inyección correspondiente a la Empresa B, en donde se incluye el conjunto de modelos restantes que se elaboran en la empresa identificados en la columna “Otros Modelos”, este hecho se da debido a la importancia de emplear la información de la totalidad de ventas que posee la empresa para el adecuado desarrollo de una planeación agregada, analizando el período de Junio del 2014 a Mayo del 2016.

Tabla 40. Histórico de Ventas de la Empresa B

Año	Periodo	Mes	Seguridad industrial (pares)	Seguridad a Inyección (pares)	Otros modelos (pares)
2014-2015	1	Junio	966	1044	4464
	2	Julio	1717	1545	9146
	3	Agosto	764	844	3205
	4	Septiembre	767	913	3223
	5	Octubre	738	889	3042
	6	Noviembre	894	1044	4015
	7	Diciembre	1162	1228	5686
	8	Enero	733	795	3011
	9	Febrero	1712	1899	9115
	10	Marzo	1261	1391	6303
	11	Abril	979	1072	4545
	12	Mayo	832	906	3628
2015-2016	13	Junio	932	1018	4763
	14	Julio	1352	1493	6907
	15	Agosto	747	810	5855
	16	Septiembre	801	871	5130
	17	Octubre	763	826	4853
	18	Noviembre	915	1000	4842
	19	Diciembre	1089	1197	5739
	20	Enero	643	693	5445
	21	Febrero	1232	1357	6822
	22	Marzo	967	1059	4509
	23	Abril	821	894	4158
	24	Mayo	621	668	5113

A través de la información recolectada se da origen a la Fig. 9, cuya principal característica se centra en el uso de dos ejes a diferente escala, el primero de ellos

ubicado al costado izquierdo de la imagen que define la cantidad de producción respecto a los modelos de seguridad industrial y seguridad industrial a inyección, mientras que el eje derecho define el rango de valores generado por los otros modelos. En la gráfica mencionada se establece que el modelo con mayor demanda en el mercado se centra en el calzado de seguridad industrial a inyección.

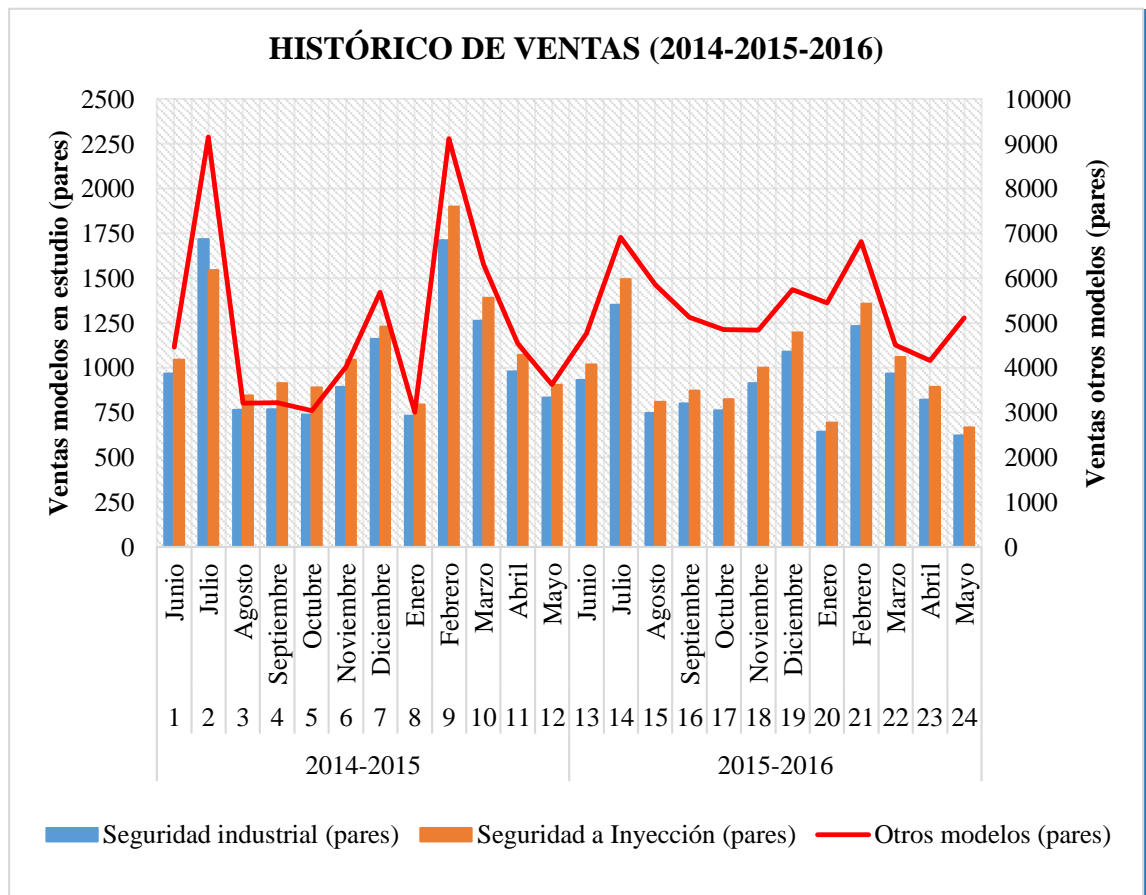


Fig. 9. Análisis del Histórico de Ventas de la Empresa B

4.4.2 Pronóstico de Ventas de las Empresas A y B

En base al uso de esta herramienta las organizaciones pueden establecer un panorama general de las ventas esperadas, lo cual influye en la toma de decisiones respecto a las cantidades a producir, tiempo asignado a la producción de los elementos y recursos materiales requeridos.

Para el desarrollo de la proyección de datos se aplica un análisis de series de tiempos cuyo desarrollo se basa en el uso de históricos de ventas, las cuales permiten determinar

la evolución de los productos a lo largo de período a analizar en base a la variación estacional de la demanda.

Para dar inicio a éste análisis se emplea el método de regresión lineal con factor estacional sobre cada uno de los modelos de las dos empresas, sin embargo con fines de ejemplificación se desarrolla el cálculo completo sobre el modelo casual, mientras que para el resto de modelos de las Empresas A y B únicamente se presentan una tabla resumen de resultados.

A continuación se da inicio al proceso de cálculo mediante el siguiente proceso:

a) Cálculo del índice estacional

Para poder determinar el ajuste estacional del año en estudio se obtiene el valor de correlación existente entre los meses conocido como índice estacional, para lo cual se define la Tabla 41 que contiene en primer lugar los valores de las ventas realizadas entre el 2014 y 2016; de los cuales se genera un valor promedio de cada mes, definido en la Columna “Promedio”, con los valores de los dos años, es decir que para el mes 1 se promedian los valores del período 2014-2015 (817 pares) y del período 2015 - 2016 (769 pares) obteniendo un resultado de 793 pares.

Adicionalmente, se requiere obtener el valor correspondiente al promedio del total de las ventas, es decir que para este caso se suman las ventas de los 24 meses registrados y se obtiene un promedio del mismo que se observa en celda denominada “Promedio General” en la Tabla 41. A través de los datos calculados se aplica la ecuación 17 para identificar el valor del factor estacional de cada mes como se visualiza en el ejemplo para el mes 1.

$$FE_1 = \frac{\text{Promedio}}{\text{Promedio General}} \quad (17)$$

$$FE_1 = \frac{793 \text{ pares}}{682 \text{ pares}} = 1,16$$

Dicho proceso de cálculo se aplica de la misma maenra sobre cada mes a proyectar, obteniendo los valores mostrados en la Tabla 41.

Tabla 41. Cálculo del Factor Estacional del Modelo Casual - Empresa A

CODIGO:		00CA876		MODELO:		CASUAL	
Mes	Ventas (2014-2015) (pares)	Ventas (2015-2016) (pares)	Promedio (pares)	FE			
1	817	769	793	1,16			
2	699	670	685	1,00			
3	712	680	696	1,02			
4	653	641	647	0,95			
5	675	690	683	1,00			
6	648	652	650	0,95			
7	647	643	645	0,95			
8	655	635	645	0,95			
9	731	688	710	1,04			
10	669	636	653	0,96			
11	645	653	649	0,95			
12	745	704	725	1,06			
TOTAL		8296	8061	16357			
PROMEDIO GENERAL		682					

b) Desestacionalización de la serie de datos históricos

Una vez que se ha obtenido el valor correspondiente al factor estacional se procede a descomponer los datos del histórico de ventas de cada mes con el propósito de eliminar las variaciones de los mismos revelando la línea de tendencia que sigue el período de ventas. Para ello, se dividen las ventas de cada mes para el factor estacional de la Tabla 41 y sus resultados se observan en la Tabla 42.

Tabla 42. Desestacionalización de Datos Modelo Casual – Empresa A

Mes	Ventas (2014-2015)	Ventas (2015-2016)
1	702	661
2	696	667
3	697	666
4	688	675
5	674	689
6	679	684
7	684	679
8	692	671
9	702	661

10	699	664
11	677	686
12	701	662

c) Método de los mínimos cuadrados con los datos desestacionalizados

Mediante el uso de esta herramienta se busca obtener la ecuación de la recta que se adapte a los datos registrados del modelo casual una vez que se han desestacionalizado; en la Tabla 43 se observan los valores que toman cada una de las variables requeridas en el método de los mínimos cuadrados

Tabla 43. Análisis de Regresión Lineal para los Datos Desestacionalizados del Modelo Casual

AÑO 2014 - 2015					AÑO 2015 - 2016				
X	Y	Y ²	X ²	XY	X	Y	Y ²	X ²	XY
1	702	493040	1	702	13	661	436809	169	8592
2	696	484387	4	1392	14	667	445028	196	9339
3	697	486101	9	2092	15	666	443388	225	9988
4	688	473154	16	2751	16	675	455924	256	10804
5	674	454346	25	3370	17	689	474764	289	11714
6	679	461645	36	4077	18	684	467362	324	12305
7	684	467384	49	4786	19	679	461623	361	12909
8	692	479014	64	5537	20	671	450208	400	13420
9	702	493077	81	6320	21	661	436774	441	13879
10	699	488288	100	6988	22	664	441304	484	14615
11	677	458791	121	7451	23	686	470242	529	15772
12	701	491157	144	8410	24	662	438585	576	15894
						16357	11152395	4900	203105

Dados los valores mostrados en la Tabla 43 se determina que la sumatoria de la variables es de X es de 300, Y equivale a 16357, Y² es igual a 11152395, X² equivale a 4900 y el valor de XY es de 38199. Con estas variables se busca aplicar las ecuaciones 18 y 19 obteniendo los valores de a y b para la ecuación 1 para la cual se considera un valor de n=24.

$$a = \frac{(x^2 * y) - (x * y)}{(n * x^2) - x^2} \quad (18)$$

$$a = 696,29$$

$$b = \frac{(n \cdot xy) - (x \cdot y)}{(n \cdot x^2) - x^2} \quad (19)$$

$$b = -1,18$$

Al encontrar los valores de las variables a y b se reemplazar en la ecuación, obteniendo el siguiente resultado:

$$y = 696,29 - 1,18x$$

Posteriormente, se emplea la ecuación de tendencia para calcular la proyección desde el mes 25 al 36, los cuales se multiplican por el factor estacional correspondiente a cada mes, tal como se indica en el siguiente ejemplo

$$y_{25} = 696,29 - 1,18(25) = 666,79$$

$$\text{Venta}_{25} = 666,79 * 1.16 = 776 \text{ pares}$$

Al aplicar este procedimiento sobre cada mes se obtienen los resultados de la Tabla 44, en donde cada mes considera su factor estacional.

Tabla 44. Pronóstico de regresión con ajuste estacional modelo casual – Empresa A

Año	Mes	X	DD	FE	Ventas (pares)
2016-2017	Junio	25	666,79	1,16	776
	Julio	26	665,61	1,00	668
	Agosto	27	664,43	1,02	679
	Septiembre	28	663,25	0,95	630
	Octubre	29	662,07	1,00	663
	Noviembre	30	660,89	0,95	630
	Diciembre	31	659,71	0,95	624
	Enero	32	658,52	0,95	623
	Febrero	33	657,34	1,04	684
	Marzo	34	656,16	0,96	628
	Abril	35	654,98	0,95	624
	Mayo	36	653,80	1,06	695

En la Fig. 10 se observan una comparativa sobre las variaciones en las ventas pronosticadas y las registradas en los años anteriores para cada mes del modelo casual de la Empresa A

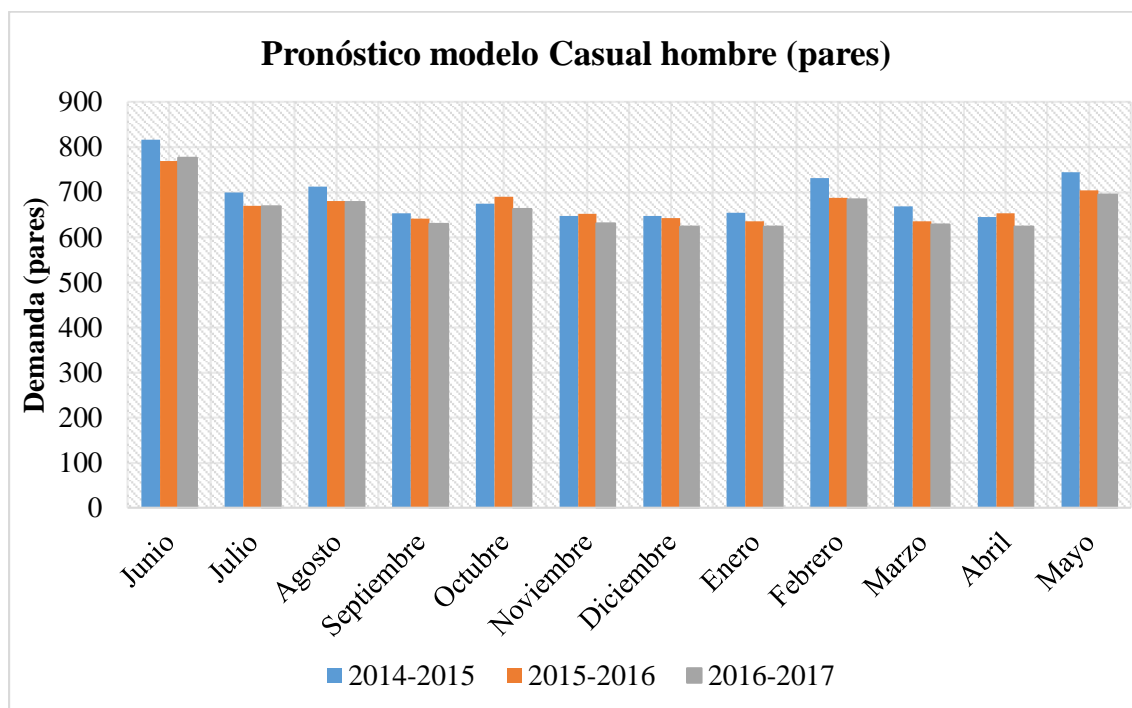


Fig. 10. Estacionalidad del pronóstico mensual modelo casual – Empresa A

En la Tabla 45 se observa el resumen de las proyecciones mensuales del modelo deportivo de mujer y los otros modelos de la misma empresa, obtenidos mediante el cálculo descrito

Tabla 45. Pronóstico de regresión con ajuste estacional de los diferentes modelos de la Empresa A

Año	Mes	X	DEPORTIVO MUJER			OTROS MODELOS		
			DD	FE	Ventas (pares)	DD	FE	Ventas (pares)
2016-2017	Junio	25	799,67	1,14	908	5567,50	0,94	5244
	Julio	26	797,85	0,93	743	5563,87	0,94	5219
	Agosto	27	796,04	1,11	883	5560,24	1,31	7298
	Septiembre	28	794,23	1,01	806	5556,61	0,86	4760
	Octubre	29	792,42	0,88	698	5552,99	1,02	5676
	Noviembre	30	790,60	0,90	709	5549,36	0,86	4767
	Diciembre	31	788,79	0,82	649	5545,73	1,55	8618
	Enero	32	786,98	0,80	630	5542,10	0,43	2405
	Febrero	33	785,16	1,01	792	5538,47	1,10	6071
	Marzo	34	783,35	1,16	908	5534,84	0,91	5036
	Abril	35	781,54	1,03	809	5531,21	0,94	5201
	Mayo	36	779,72	1,21	941	5527,58	1,14	6275

Mientras que en la Tabla 46 se observa el resumen del pronóstico de los modelos de seguridad industrial, seguridad industrial a inyección y otros modelos que se elaboran en la Empresa B.

Tabla 46. Pronóstico de regresión con ajuste estacional de los diferentes modelos de la Empresa B

Año	Mes	X	SEGURIDAD INDUSTRIAL			SEGURIDAD A INYECCIÓN			OTROS MODELOS		
			DD	FE	Ventas (pares)	DD	FE	Ventas (pares)	DD	FE	Ventas (pares)
2016 - 2017	Junio	25	883,23	0,97	859	955,92	0,97	929	5713,56	0,90	5122
	Julio	26	875,86	1,57	1378	947,54	1,43	1357	5758,91	1,56	8981
	Agosto	27	868,49	0,77	673	939,16	0,78	732	5804,26	0,88	5108
	Septiembre	28	861,13	0,80	692	930,78	0,84	783	5849,61	0,81	4747
	Octubre	29	853,76	0,77	657	922,40	0,81	746	5894,96	0,77	4522
	Noviembre	30	846,39	0,93	785	914,02	0,96	881	5940,32	0,86	5112
	Diciembre	31	839,02	1,15	968	905,64	1,14	1035	5985,67	1,11	6644
	Enero	32	831,65	0,71	587	897,26	0,70	629	6031,02	0,82	4955
	Febrero	33	824,28	1,51	1244	888,88	1,53	1364	6076,37	1,55	9408
	Marzo	34	816,92	1,14	933	880,50	1,15	1017	6121,72	1,05	6430
	Abril	35	809,55	0,92	747	872,12	0,93	808	6167,07	0,85	5214
	Mayo	36	802,18	0,74	598	863,74	0,74	641	6212,42	0,85	5276

En el Anexo 3 se observan las gráficas correspondientes al pronóstico de los modelos de las dos empresas en estudio.

4.4.3 Planificación Agregada en las Empresas A y B

La aplicación de la planificación agregada se considera la base para la coordinación entre el uso de recursos y la programación de la producción con el objetivo de que la empresa sea capaz de enfrentarse a la demanda variante del mercado.

Esta herramienta considera la combinación de los recursos y productos a través del uso de inventarios, tiempo extra, subcontrataciones o con la fijación de fuerza de trabajo regular o variante de manera que se satisfaga la demanda que la sección de montaje solicita al área de armado.

Como parte del análisis de planificación se deben considerar un conjunto de estrategias centradas en el ajuste del recurso humano acorde a los índices de pedidos provenientes de montaje, en donde se incluye horas de trabajo variables o flexibles, subcontratación, producción constante, etc.

Dadas las condiciones de trabajo en el área de armado se toma en cuenta la posibilidad de desarrollar 2 propuestas de planes agregados, con los cuales se busca explotar de mejor manera el recurso humano y evaluar los resultados obtenidos, estableciendo el plan que genere menos costos para la empresa.

Para lo cual, resulta fundamental desarrollar el cálculo de los costos de mano de obra para cada plan, considerando los valores correspondientes al salario básico unificado y hora extra en función de la siguiente información

Salario Básico Unificado

Se entiende por salario a la cantidad monetaria asignada a cada trabajador por su contribución dentro de una organización, manteniendo relación con lo que establece la ley vigente en el país; por ello se considera que el valor del salario es de 366 dólares en el 2016, mientras que para el 2017 toma un valor de 375 dólares; dichos datos fueron definido por el Ministerio del Trabajo del Ecuador.

Resulta fundamental considerar los valores correspondientes al décimo tercero y décimo cuarto, cancelando para cada factor un valor del 30,5 dólares mensuales en el 2016 y 31,25 dólares para el 2017.

Tabla 47. Cálculo costo por hora de trabajo

Descripción	AÑO	
	2016	2017
Valor del salario mensual	366,00	375,00
Décimo tercero al mes	30,50	31,25
Décimo cuarto al mes	30,50	31,25
Salario Mensual Total	427,00	437,50

Costos de Horas Suplementarias

Se entiende por horas suplementarias a aquellas horas en que los colaboradores prestan sus servicios en horas posteriores a la jornada de trabajo ordinario, el valor correspondiente a estas horas se muestra en la Tabla 48 y equivale al valor de la hora ordinaria más el 50% de la misma, acorde a lo establecido en el código de trabajo.

Para establecer el valor correspondiente a las horas suplementarias se agrega al costo de la hora normal de trabajo el 50% del valor de la hora normal tal como se indica en la ecuación 20 y 21.

$$\text{Costo HN} = \frac{\text{Salario}}{240\text{horas}} \quad (20)$$

$$\text{Costo HS} = 1,5 * \text{Costo HN} \quad (21)$$

$$\text{Costo HN 2016} = \frac{366,00 \text{ dólares}}{240 \text{ horas}} = 1.53 \text{ dólares/horas}$$

$$\text{Costo HS 2016} = 1,5 * 1.53 \text{ dólares/hora} = 2,29 \text{ dólares/hora}$$

El proceso mostrado se repite para el valor correspondiente al salario del 2017 obteniendo el siguiente resultado:

$$\text{Costo HN 2017} = \frac{375,00 \text{ dólares}}{240 \text{ horas}} = 1.56 \text{ dólares/horas}$$

$$\text{Costo HS 2017} = 1,5 * 1.56 \text{ dólares/hora} = 2,34 \text{ dólares/hora}$$

Costo de Subcontratación

Cuando existe un incremento de la demanda y las instalaciones de la empresa son incapaces de satisfacerla dada su limitada producción, se recurre a una empresa externa que pueda colaborar con sus servicios de manera que se puedan completar los pedidos solicitados.

Estos costos se ven representados por el valor monetario que posee el aparato de cada par que según los datos de la empresa sobre la que se desarrolla el proyecto es de 1,75 dólares cada par.

Propuestas de Planeación Agregada para las Empresas A y B

Plan 1: Mano de Obra Baja y Constante, Subcontratación

Esta primer propuesta se adapta fácilmente a la situación y variables consideradas en el área de aparato, en este punto resulta fundamental considerar que no se toma en cuenta la existencia de inventarios, por lo que se eliminan costos relacionados a despidos, contrataciones y capacitación de personal, lo que puede traer más beneficios económicos para las empresas.

En lo que respecta al desarrollo de este plan se procede a determinar el valor mínimo de la demanda pronosticada del período de Junio del 2016 a Mayo 2017, ya que a partir de éste se realiza el cálculo de la fuerza laboral mínima requerida (ecuación 5) para la jornada normal de trabajo, con el objeto de que en los meses con una mayor producción se puede hacer uso o no de la subcontratación.

Plan 2: Mano de Obra Constante, Tiempo Extra

Esta última propuesta busca adaptar las variaciones continuas de la demanda a un número base de trabajadores, que para la presente investigación, toma el valor de la cantidad de células que posee cada organización sobre la que se desarrolla el trabajo siendo este de un total de 10 células para la Empresa A y de 6 para la Empresa B.

En cuanto a la aplicación del plan propuesto se requiere producir de manera que se aproveche la totalidad de la capacidad existente durante los dos primeros meses del período anteriormente mencionado, mientras que en los meses restantes la demanda se satisface aplicando horas extras. En adición a ello, se establece la importancia de obtener el costo de la jornada normal de trabajo junto con el costo total de las horas suplementarias requeridas.

Para el desarrollo de los cálculos de cada plan propuesto, correspondientes a las horas de producción disponibles para cada mes y el valor de la producción real se emplean las ecuaciones 6 y 7, respectivamente.

PLANES AGREGADOS PARA LA EMPRESA “A”

En la Tabla 48 se visualiza la aplicación del primer plan descrito, en el cual se consideran factores como: tiempo estándar de producción, costos del salario normal de trabajo normal y de subcontratación para cada uno de los años analizados.

Tabla 48. Plan 1: Mano de obra baja y constante, subcontratación – Empresa A

Mano de obra baja y constante, subcontratación												
Costo salario 2016(\$)	\$ 427,00											
Costo salario 2017(\$)	\$ 437,50											
Costo de subcontratación 2016 (\$)	\$ 1,50											
Costo de subcontratación 2017 (\$)	\$ 1,50											
								Tiempo estandar de producción (horas/par)		0,53		
								Horas de trabajo diario		8		
								Número de células		11		
DETALLE	AÑO 2016							AÑO 2017				
	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	Octubre	Noviem.	Diciem.	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Requerimiento de producción (pares)	6928	6630	8860	6195	7036	6106	9892	3658	7547	6573	6634	7911
Días hábiles por mes	22	21	22	22	21	19	22	22	18	23	19	21
Horas de producción disponible	1939	1851	1939	1939	1851	1674	1939	1939	1586	2027	1674	1851
Producción real (pares)	3658	3492	3658	3658	3492	3159	3658	3658	2993	3824	3159	3492
Unidades subcontratadas (pares)	3270	3138	5202	2537	3545	2947	6234	0	4554	2748	3474	4419
Costo de la subcontratación (\$)	\$ 4.905,22	\$ 4.707,47	\$ 7.803,09	\$ 3.805,82	\$ 5.316,78	\$ 4.420,40	\$ 9.350,49	\$ 0,00	\$ 6.830,55	\$ 4.122,04	\$ 5.211,50	\$ 6.628,28
Costo del salario (\$)	\$ 18.815,66	\$ 18.815,66	\$ 18.815,66	\$ 18.815,66	\$ 18.815,66	\$ 18.815,66	\$ 18.815,66	\$ 19.278,34	\$ 19.278,34	\$ 19.278,34	\$ 19.278,34	\$ 19.278,34

En la Tabla 49 se describen los resultados obtenidos con la aplicación del segundo plan, para lo cual se toma en cuenta que la empresa posee 4 trabajadores poli funcionales en cada célula, es decir que el total de trabajadores de la empresa es de 40 para el área de aparato.

Tabla 49. Plan 2: Mano de obra constante, tiempo extra – Empresa A

Mano de obra constante, tiempo extra												
Costo salario 2016(\$)	\$ 427,00											
Costo salario 2017(\$)	\$ 437,50											
Costo de hora extra2016 (\$)	\$ 2,29											
Costo de hora extra2017 (\$)	\$ 2,34											
			Tiempo estandar de producción (horas/par)		0,53							
			Horas de trabajo diario		8							
			Número de células		10							
DETALLE	AÑO 2016							AÑO 2017				
	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	Octubre	Noviem.	Diciem.	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Inventario inicial (pares)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Días hábiles por mes	22	21	22	22	21	19	22	22	18	23	19	21
Horas de producción disponible	1760	1680	1760	1760	1680	1520	1760	1760	1440	1840	1520	1680
Producción de turno normal (pares)	3321	3170	3321	3321	3170	2868	3321	3321	2717	3472	2868	3170
Requerimiento de producción (pares)	6928	6630	8860	6195	7036	6106	9892	3658	7547	6573	6634	7911
Unidades disponibles antes del tiempo extra (pares)	-3608	-3460	-5540	-2875	-3867	-3238	-6571	-337	-4830	-3101	-3766	-4741
Tiempo extra de las unidades	3608	3460	5540	2875	3867	3238	6571	337	4830	3101	3766	4741
Número de horas extras por trabajador	47,8	45,8	73,4	38,1	51,2	42,9	87,1	4,5	64	41,1	49,9	62,8
Costo del tiempo extra (\$)	\$ 4.379,03	\$ 4.199,40	\$ 6.723,90	\$ 3.489,39	\$ 4.693,38	\$ 3.929,96	\$ 7.975,22	\$ 4.17,95	\$ 5.990,17	\$ 3.845,86	\$ 4.670,59	\$ 5.879,79
Costo de salario (\$)	\$17.080,00	\$17.080,00	\$17.080,00	\$17.080,00	\$17.080,00	\$17.080,00	\$17.080,00	\$ 17.500,00	\$ 17.500,00	\$ 17.500,00	\$ 17.500,00	\$ 17.500,00

PLANES AGREGADOS PARA LA EMPRESA “B”

En la Tabla 50 se visualiza la aplicación del primer plan descrito para la empresa B, en el cual se consideran factores como: tiempo estándar de producción, costos del salario normal de trabajo normal y de subcontratación para cada uno de los años analizados.

Tabla 50. Plan 1: Mano de obra baja y constante, subcontratación – Empresa B

Mano de obra baja y constante, subcontratación												
Costo salario 2016(\$)	\$ 427,00											
Costo salario 2017(\$)	\$ 437,50											
Costo de subcontratación 2016 (\$)	\$ 1,50											
Costo de subcontratación 2017 (\$)	\$ 1,50											
			Tiempo estandar de producción (horas/par)					0,53				
			Horas de trabajo diario					8				
			Número de células					10				
DETALLE	AÑO 2016							AÑO 2017				
	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	Octubre	Noviem.	Diciem.	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Requerimiento de producción (pares)	6910	11716	6513	6222	5924	6777	8647	6171	12016	8380	6769	6514
Días hábiles por mes	22	21	22	22	21	19	22	22	18	23	19	21
Horas de producción disponible	1790	1708	1790	1790	1708	1546	1790	1790	1464	1871	1546	1708
Producción real (pares)	6171	5890	6171	6171	5890	5329	6171	6171	5049	6451	5329	5890
Unidades subcontratadas (pares)	740	5826	342	51	34	1448	2476	0	6967	1929	1440	624
Costo de la subcontratación (\$)	\$ 1.294,17	\$ 10.194,93	\$ 599,17	\$ 89,61	\$ 59,31	\$ 2.533,68	\$ 4.333,84	\$ 0,00	\$ 12.192,32	\$ 3.374,99	\$ 2.520,02	\$ 1.092,07
Costo del salario (\$)	\$ 21.708,65	\$ 21.708,65	\$ 21.708,65	\$ 21.708,65	\$ 21.708,65	\$ 21.708,65	\$ 21.708,65	\$ 22.242,47	\$ 22.242,47	\$ 22.242,47	\$ 22.242,47	\$ 22.242,47

En la Tabla 51 se describen los resultados obtenidos con la aplicación del segundo plan, para lo cual se toma en cuenta que la Empresa B posee 5 trabajadores poli funcionales en cada célula, es decir que el total de trabajadores de la empresa es de 30 para el área de aparato.

Tabla 51. Plan 2: Mano de obra constante, tiempo extra – Empresa B

Mano de obra constante, tiempo extra												
Costo salario 2016(\$)	\$ 427,00											
Costo salario 2017(\$)	\$ 437,50											
Costo de hora extra2016 (\$)	\$ 2,29											
Costo de hora extra2017 (\$)	\$ 2,34											
			Tiempo estandar de producción (horas/par)		0,53							
			Horas de trabajo diario		8							
			Número de células		6							
DETALLE	AÑO 2016							AÑO 2017				
	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	Octubre	Noviem.	Diciem.	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Inventario inicial (pares)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Días hábiles por mes	22	21	22	22	21	19	22	22	18	23	19	21
Horas de producción disponible	1056	1008	1056	1056	1008	912	1056	1056	864	1104	912	1008
Producción de turno normal (pares)	3641	3476	3641	3641	3476	3145	3641	3641	2979	3807	3145	3476
Requerimiento de producción (pares)	6910	11716	6513	6222	5924	6777	8647	6171	12016	8380	6769	6514
Unidades disponibles antes del tiempo extra (pares)	-3269	-8240	-2872	-2581	-2448	-3632	-5006	-2530	-9037	-4573	-3625	-3039
Tiempo extra de las unidades	3269	8240	2872	2581	2448	3632	5006	2530	9037	4573	3625	3039
Número de horas extras por trabajador	31,6	79,7	27,8	24,9	23,7	35,1	48,4	24,5	87,4	44,2	35	29,4
Costo del tiempo extra (\$)	\$ 2.170,94	\$ 5.472,18	\$ 1.907,30	\$ 1.714,04	\$ 1.625,72	\$ 2.412,01	\$ 3.324,48	\$ 1.716,86	\$ 6.132,51	\$ 3.103,24	\$ 2.459,93	\$ 2.062,27
Costo de salario (\$)	\$ 12.810,00	\$ 12.810,00	\$ 12.810,00	\$ 12.810,00	\$ 12.810,00	\$ 12.810,00	\$ 12.810,00	\$ 13.125,00	\$ 13.125,00	\$ 13.125,00	\$ 13.125,00	\$ 13.125,00

Cuadro Comparativo de Costos en las Empresas A y B

A partir de la información obtenida en las Tablas de la 48 a 51 se procede a sumar el valor de los costos de las diferentes variables de cada mes con el objeto de obtener el valor del costo anual tal como se muestra en la Tabla 52 y 53 para las empresas A y B, respectivamente.

Tabla 52. Costos de planes agregados propuestos – Empresa A

Costos	Plan 1	Plan 2
Costo subcontratación (\$)	\$ 63.101,61	-
Costo de salario (\$)	\$ 228.101,27	\$ 207.060,00
Costo horas extras (\$)	-	\$ 56.194,63
TOTAL (\$)	\$ 291.202,89	\$ 263.254,63

Acorde a los datos mostrados se establece que el mejor plan agregado para el área de aparado de la Empresa A es el No. 2 con un 9,6% respecto al más costoso.

Tabla 53. Costos de planes agregados propuestos – Empresa

Costos	Plan 1	Plan 2
Costo subcontratación (\$)	\$ 38.284,11	-
Costo de salario (\$)	\$ 263.172,94	\$ 155.295,00
Costo horas extras (\$)	-	\$ 34.101,47
TOTAL (\$)	\$ 301.457,05	\$ 189.396,47

Acorde a los datos mostrados se establece que el mejor plan agregado para el área de aparado de la Empresa B es el No. 2 con un 37,17% respecto al más costoso.

El plan definido como Mano de obra constante y tiempo extra presenta beneficios no sólo económicos para las organizaciones, pues también da la oportunidad de manejar una cantidad constante de operadores que se traduce en un personal activo y seguro al mantener un ambiente de trabajo estable, pues no se consideraran despidos o contratos ocasionales; además se toma en cuenta que el personal mantiene un estándar de producción en base a sus habilidades, hecho que se reduciría al incorporar personal nuevo al sub ensamble.

GUÍA DE DESARROLLO DEL MODELO DE PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN EL ÁREA DE APARADO

A continuación se describen los procedimientos para el cálculo de variables importantes con las que opera el modelo de planificación planteado en el área de aparado junto con los resultados obtenidos en el trimestre de Junio a Julio del 2016. Adicionalmente se tiene observa en el Anexo 4 una guía de usuario que facilite la interacción del individuo con el modelo.

4.5 Sincronización de la Producción

Uno de los principales objetivos para el desarrollo del proyecto presentado se basa en la asociación de la información proveniente de las áreas de montaje y troquelado, de manera que se comparta el flujo de la información entre procesos mediante el uso de órdenes de producción y el análisis de recursos humanos necesarios por cada una de las empresas.

Para el desarrollo de la presente guía se emplea la información relacionada a los 3 primeros meses del año establecido, es decir de Junio a Agosto del 2016, de cada una de las empresas.

4.5.1 Sistema de Planificación Basado en el Principio Pull

Dados los niveles de competitividad existentes resulta fundamental establecer ajustes sobre la demanda de manera que se aprovechen los recursos humanos, tecnológicos y materiales; para ello, se considera que una forma de mejorar el rendimiento de la producción se da a través de la aplicación de los conocidos sistemas de producción ajustada de lean, las mismas que son capaces de identificar y suprimir las variaciones en la producción.

Uno de los sistemas lean manufacturing hace referencia a la aplicación del sistema pull llamado también de arrastre o tirón cuyo objetivo principal es satisfacer la demanda de manera eficaz y con cantidades mínimas de stock en proceso, una de sus principales características es que se produce acorde a las necesidades de su cliente, es decir, que para el desarrollo del siguiente proyecto el área de aparado deberá producir la cantidad requerida por el área de montaje (cliente interno).

El sub ensamble de montaje tira de aparado solicitando lo que necesite y, a la vez, aparado solicita al sector de corte los recursos necesarios para operar, con ello se establece que el inicio del trabajo de un sector se activa cuando finaliza la actividad del otro sector pues su base de funcionamiento se da con autorizaciones de producción sucesivas.

4.5.2 Modelo de planificación de la producción propuesto para el área de aparado

La investigación propone un modelo de planificación de la producción, centrado en los parámetros y condiciones de producción propias del proceso de fabricación de calzado, de manera que se aprovechen al máximo los recursos y limitaciones. Para ello, se requiere desarrollar una serie de pasos descritos a continuación:

- *Aplicar la Teoría de Restricciones (TOC) al proceso de aparado*

En este punto se desarrollan los 3 primeros pasos de los 5 planteados en TOC, iniciando con la determinación de todos los recursos restringidos y cuellos de botella del área de aparado al identificar los procesos cuya capacidad sea inferior a la demanda requerida, para posteriormente decidir cómo explotar las restricciones y subordinar el proceso a las mismas.

- *Utilización de curvas de demanda por modelo*

Requiere del desarrollo del próstico de ventas y plan maestro de producción, cuya información determina la cantidad a producir por cada talla y modelo del total mensual requerido. Sin embargo, aparado no considera este punto ya que las cantidades por talla y modelo las recibe directamente desde montaje.

- *Desarrollar el cálculo de la capacidad ponderada considerando el mix de modelos*

Para desarrollar una producción en base a la combinación de modelos no es suficiente conocer la capacidad de producción de cada uno, pues se requiere obtener un valor promedio real de producción conocido como capacidad ponderada, que depende estrechamente de la demanda requerida por modelo y de turnos que se necesitan para satisfacer un pedido.

- *Secuenciación de tiempos de producción por sub ensamble*

En este punto se desarrolla el cálculo de turnos de trabajo y se integran las investigaciones correspondientes a los sub ensambles restante (troquelado y

montaje), con el fin de asignar turnos de producción distribuidos en base a las políticas de producción de las empresas participantes.

En la Fig. 11 se visualizan los pasos previamente descritos que dan lugar al desarrollo del modelo de planificación de la producción para la industrial de calzado, que para el caso de aparado requiere desarrollar los pasos 1, 3 y 4, ya que el paso 2 es considerado únicamente por el sub ensamble de montaje.

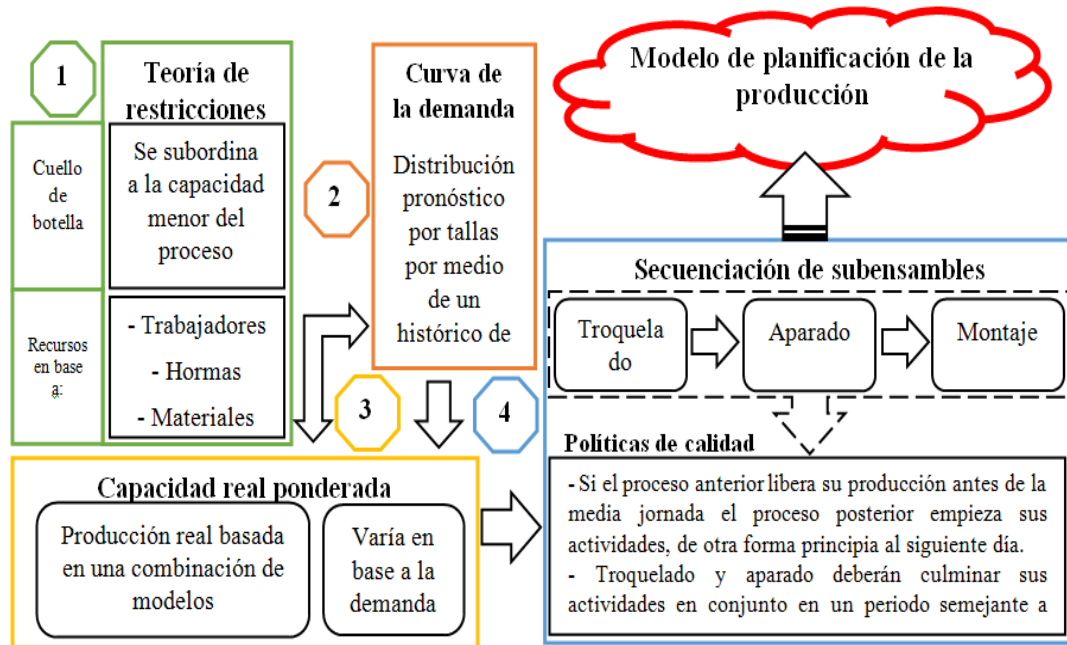


Fig. 11. Diagrama del modelo de planificación propuesto [24]

4.5.3 Orden de Producción

Una parte importante al aplicar un sistema pull se enfoca en la herramienta que permite llevar el control de la producción; para esta investigación se emplean órdenes de producción en las que se registra el ingreso de la demanda que proviene de montaje hacia aparado.

Una orden de producción comprende un documento que proporciona especificaciones necesarias para llevar a cabo la producción; una vez que se ha receptado la orden de producción el sistema de planificación planteado realiza el cálculo de los turnos, fechas programadas para su realización, la cantidad planificada, productos requeridos, etc.

En la primer pestaña del modelo de planificación y programación de la producción desarrollado en el software Excel para el área de aparado se visualizan las órdenes de

producción provenientes directamente desde el modelo desarrollado por el área de montaje, en que se detallan las cantidades a producir en cada semana de acuerdo a los requerimientos del mismo. Es decir que el usuario no requiere manipular ningún valor de la hoja de cálculo presentada en la Fig. 12.

ORDEN DE PRODUCCION											
MES JUNIO			MES JULIO			MES AGOSTO					
SEMANA 1			SEMANA 1			SEMANA 1					
CODIGO	MODELO	TOTAL A	CODIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCCION	CODIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCCION			
CA873	CASUAL	106	CA873	CASUAL	32	CA873	CASUAL	154			
SK568	DEPORTIVO MUJER	124	SK568	DEPORTIVO MUJER	35	SK568	DEPORTIVO MUJER	201			
MES JUNIO			MES JULIO			MES AGOSTO					
SEMANA 2			SEMANA 2			SEMANA 2					
CODIGO	MODELO	TOTAL A	CODIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCCION	CODIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCCION			
CA873	CASUAL	176	CA873	CASUAL	159	CA873	CASUAL	123			
SK568	DEPORTIVO MUJER	206	SK568	DEPORTIVO MUJER	177	SK568	DEPORTIVO MUJER	161			
MES JUNIO			MES JULIO			MES AGOSTO					
SEMANA 3			SEMANA 3			SEMANA 3					
CODIGO	MODELO	TOTAL A	CODIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCCION	CODIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCCION			
CA873	CASUAL	176	CA873	CASUAL	159	CA873	CASUAL	154			
SK568	DEPORTIVO MUJER	206	SK568	DEPORTIVO MUJER	177	SK568	DEPORTIVO MUJER	201			

Fig. 12. Hojas de cálculo 1 - Recepción de pedidos

Se observa en las Tablas 54 a la 56 las órdenes de producción semanales de la Empresa A en el trimestre de Junio a Agosto del 2016, mientras que en las Tablas 57 a la 59 se observan las órdenes de producción semanales de la Empresa B en el mismo trimestre, considerando en cada uno información como el período en que se produce, modelos, códigos, tallas y cantidad final a producir en cada semana.

Para el caso de aparado únicamente se considera el total a producir en lugar de la cantidad por tallas pues en este proceso el tiempo requerido para la fabricación del sub ensamble no se ve influenciado por la diversidad de tallas.

ÓRDENES DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA “A”

Tabla 54. Órdenes de producción del mes de Junio – Empresa A

MES	JUNIO		
SEMANA	1	DIAS A LA SEMANA	3
CÓDIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCIR	
CA873	CASUAL	106	
SK568	DEPORTIVO MUJER	124	
	TOTAL	230	

Tabla 56. Órdenes de producción del mes de Julio – Empresa A

MES	JULIO		
SEMANA	1	DIAS A LA SEMANA	1
CÓDIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCIR	
CA873	CASUAL	32	
SK568	DEPORTIVO MUJER	35	
	TOTAL	67	

Tabla 55. Órdenes de producción del mes de Agosto – Empresa A

MES	AGOSTO		
SEMANA	1	DIAS A LA SEMANA	5
CÓDIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCIR	
CA873	CASUAL	154	
SK568	DEPORTIVO MUJER	201	
	TOTAL	355	

MES	JUNIO		
SEMANA	2	DIAS A LA SEMANA	5
CÓDIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCIR	
CA873	CASUAL	176	
SK568	DEPORTIVO MUJER	206	
	TOTAL	382	

MES	JULIO		
SEMANA	2	DIAS A LA SEMANA	5
CÓDIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCIR	
CA873	CASUAL	159	
SK568	DEPORTIVO MUJER	177	
	TOTAL	336	

MES	AGOSTO		
SEMANA	2	DIAS A LA SEMANA	4
CÓDIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCIR	
CA873	CASUAL	123	
SK568	DEPORTIVO MUJER	161	
	TOTAL	284	

MES	JUNIO		
SEMANA	3	DIAS A LA SEMANA	5
CÓDIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCIR	
CA873	CASUAL	176	
SK568	DEPORTIVO MUJER	206	
	TOTAL	382	

MES	JULIO		
SEMANA	3	DIAS A LA SEMANA	5
CÓDIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCIR	
CA873	CASUAL	159	
SK568	DEPORTIVO MUJER	177	
	TOTAL	336	

MES	AGOSTO		
SEMANA	3	DIAS A LA SEMANA	5
CÓDIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCIR	
CA873	CASUAL	154	
SK568	DEPORTIVO MUJER	201	
	TOTAL	355	

MES	JUNIO		
SEMANA	4	DIAS A LA SEMANA	5
CÓDIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCIR	
CA873	CASUAL	176	
SK568	DEPORTIVO MUJER	206	
	TOTAL	382	

MES	JULIO		
SEMANA	4	DIAS A LA SEMANA	5
CÓDIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCIR	
CA873	CASUAL	159	
SK568	DEPORTIVO MUJER	177	
	TOTAL	336	

MES	AGOSTO		
SEMANA	4	DIAS A LA SEMANA	5
CÓDIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCIR	
CA873	CASUAL	154	
SK568	DEPORTIVO MUJER	201	
	TOTAL	355	

MES	JUNIO		
SEMANA	5	DIAS A LA SEMANA	4
CÓDIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCIR	
CA873	CASUAL	141	
SK568	DEPORTIVO MUJER	165	
	TOTAL	306	

MES	JULIO		
SEMANA	5	DIAS A LA SEMANA	5
CÓDIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCIR	
CA873	CASUAL	159	
SK568	DEPORTIVO MUJER	177	
	TOTAL	336	

MES	AGOSTO		
SEMANA	5	DIAS A LA SEMANA	3
CÓDIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCIR	
CA873	CASUAL	93	
SK568	DEPORTIVO MUJER	120	
	TOTAL	213	

ÓRDENES DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA "B"

Tabla 59. Órdenes de producción del mes de Junio – Empresa B

MES	JUNIO		
SEMANA	1	DIAS A LA SEMANA	3
CÓDIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCIR	
S09	SEGURIDAD INDUSTRIAL	117	
S10	SEGURIDAD A INYECCIÓN	127	
	TOTAL	244	

Tabla 58. Órdenes de producción del mes de Julio – Empresa B

MES	JULIO		
SEMANA	1	DIAS A LA SEMANA	1
CÓDIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCIR	
S09	SEGURIDAD INDUSTRIAL	66	
S10	SEGURIDAD A INYECCIÓN	65	
	TOTAL	131	

Tabla 57. Órdenes de producción del mes de Agosto – Empresa B

MES	AGOSTO		
SEMANA	1	DIAS A LA SEMANA	5
CÓDIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCIR	
S09	SEGURIDAD INDUSTRIAL	153	
S10	SEGURIDAD A INYECCIÓN	166	
	TOTAL	319	

MES	JUNIO		
SEMANA	2	DIAS A LA SEMANA	5
CÓDIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCIR	
S09	SEGURIDAD INDUSTRIAL	195	
S10	SEGURIDAD A INYECCIÓN	211	
	TOTAL	406	

MES	JULIO		
SEMANA	2	DIAS A LA SEMANA	5
CÓDIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCIR	
S09	SEGURIDAD INDUSTRIAL	328	
S10	SEGURIDAD A INYECCIÓN	323	
	TOTAL	651	

MES	AGOSTO		
SEMANA	2	DIAS A LA SEMANA	4
CÓDIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCIR	
S09	SEGURIDAD INDUSTRIAL	122	
S10	SEGURIDAD A INYECCIÓN	133	
	TOTAL	255	

MES	JUNIO		
SEMANA	3	DIAS A LA SEMANA	5
CÓDIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCIR	
S09	SEGURIDAD INDUSTRIAL	195	
S10	SEGURIDAD A INYECCIÓN	211	
	TOTAL	406	

MES	JULIO		
SEMANA	3	DIAS A LA SEMANA	5
CÓDIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCIR	
S09	SEGURIDAD INDUSTRIAL	328	
S10	SEGURIDAD A INYECCIÓN	323	
	TOTAL	651	

MES	AGOSTO		
SEMANA	3	DIAS A LA SEMANA	5
CÓDIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCIR	
S09	SEGURIDAD INDUSTRIAL	153	
S10	SEGURIDAD A INYECCIÓN	166	
	TOTAL	319	

MES	JUNIO		
SEMANA	4	DIAS A LA SEMANA	5
CÓDIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCIR	
S09	SEGURIDAD INDUSTRIAL	195	
S10	SEGURIDAD A INYECCIÓN	211	
	TOTAL	406	

MES	JULIO		
SEMANA	4	DIAS A LA SEMANA	5
CÓDIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCIR	
S09	SEGURIDAD INDUSTRIAL	328	
S10	SEGURIDAD A INYECCIÓN	323	
	TOTAL	651	

MES	AGOSTO		
SEMANA	4	DIAS A LA SEMANA	5
CÓDIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCIR	
S09	SEGURIDAD INDUSTRIAL	153	
S10	SEGURIDAD A INYECCIÓN	166	
	TOTAL	319	

MES	JUNIO		
SEMANA	5	DIAS A LA SEMANA	4
CÓDIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCIR	
S09	SEGURIDAD INDUSTRIAL	156	
S10	SEGURIDAD A INYECCIÓN	169	
	TOTAL	325	

MES	JULIO		
SEMANA	5	DIAS A LA SEMANA	5
CÓDIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCIR	
S09	SEGURIDAD INDUSTRIAL	328	
S10	SEGURIDAD A INYECCIÓN	323	
	TOTAL	651	

MES	AGOSTO		
SEMANA	5	DIAS A LA SEMANA	3
CÓDIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCIR	
S09	SEGURIDAD INDUSTRIAL	92	
S10	SEGURIDAD A INYECCIÓN	100	
	TOTAL	192	

4.5.4 Determinación del Número de Operadores Necesarios para cada Operación

Como segunda pestaña del modelo propuesto (Fig. 13) se observan los valores correspondiente a al estudio de tiempos presentado en el apartado 4.3.3, los mismos que deben ser ingresados por el usuario de acuerdo a las tareas y tiempos requeridos para producir un determinado elemento. Para el análisis de la aplicación se emplean los datos de cada modelo de las diferentes empresas con el propósito de emplear el valor correspondiente al proceso restringido para balancear las líneas de producción.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
4		MODELO: CASUAL HOMBRE						MODELO: DEPORTIVO MUJER					
5		Proceso	Tiempo estandar (min/par)	Capacidad de produccion por hora	Capacidad de producción por turno(par/turno)			Proceso	Tiempo estandar (min/par)	Capacidad de produccion por hora	Capacidad de producción por turno(par/turno)		
6		Destallado	1,361	44	353			Destallado	1,246	48	385		
7		Rayado	1,725	35	278			Rayado	4,325	14	111		
8		Serigrafiado	0,749	80	641			Aparar talón	1,817	33	264		
9		Aparar talón	1,511	40	318			Aparar capellada	6,129	10	78		
10		Aparar capellada	4,291	14	112			Cerrar	4,008	15	120		
11		Cerrar	6,247	10	77			Embolsar	7,754	8	62		
12		Embolsar	8,480	7	57			Aparar lengüeta	3,811	16	126		
13		Aparar lengüeta	3,920	15	122			Terminado	1,541	39	311		
14		Terminado	4,140	14	116				0,511		62		
15			0,540		57								
16													
17													
18		MODELO:						MODELO:					
19		Proceso	Tiempo estandar (min/par)	Capacidad de produccion por hora	Capacidad de producción por turno(par/turno)			Proceso	Tiempo estandar (min/par)	Capacidad de produccion por hora	Capacidad de producción por turno(par/turno)		
20		Destallado						Destallado					
21		Rayado						Rayado					
22		Serigrafiado						Serigrafiado					
23		Aparar talón						Aparar talón					
24		Aparar capellada						Aparar capellada					
25		Cerrar						Cerrar					
26		Embolsar						Embolsar					
27		Aparar lengüeta						Aparar lengüeta					

Fig. 13. Hoja de cálculo 2 - Ingreso del estudio de tiempos

Parte fundamental para la optimización de la producción está estrechamente relacionada con la calidad, capacitación y comprometimiento del recurso humano con su trabajo, de allí surge uno de los principales inconvenientes en el área de producción, pues varias empresas no siempre consideran la cantidad necesaria de trabajadores que las instalaciones que poseen pueden requerir.

La determinación del número óptimo de operadores que se requiere en una organización se conoce como balance de línea, de manera que se pueda generar un flujo continuo dentro de la línea de ensamble y que reduzca al mínimo el tiempo de ocio en los puestos de trabajo; por esta razón se presenta en la Fig. 14 la tercer pestaña del modelo

propuesto en que se genera automáticamente la cantidad de trabajadores requeridos en base a la capacidad restringida obtenida a partir del estudio de tiempos.

CASUAL HOMBRE				DEPORTIVO MUJER			
Procesos	Capacidad de producción por	Capacidad utilizada	Necesidad de Recursos Humanos	Procesos	Capacidad de producción por	Capacidad utilizada	Necesidad de Recursos
Destallado	353	16%	0.16	Destallado	385	16%	0.16
Rayado	278	20%	0.20	Rayado	111	56%	0.56
Serigrafado	641	9%	0.09	Aparar talón	264	23%	0.23
Aparar talón	318	18%	0.18	Aparar capellada	78	79%	0.79
Aparar capellada	112	51%	0.51	Cerrar	120	52%	0.52
Cerrar	77	74%	0.74	Embolsar	62	100%	1.00
Embolsar	57	100%	1.00	Aparar lengüeta	126	49%	0.49
Aparar lengüeta	122	46%	0.46	Terminado	311	20%	0.20
Terminado	116	49%	0.49	Numero de personas por celula re			3.95
Numero de personas por celula re			3.82	Mínimo	62		
Mínimo	57						

Mes	Producción total		Producción en estudio	
	Demanda total (pares)	Necesidad de celulas	de los modelos en estudio	Necesidad de celulas
Junio	6328	10	1684	2.43
Julio	6630	10	1411	2.13
Agosto	8860	10	1562	1.76
Septiembre	6196	10	1436	2.32
Octubre	7037	10	1361	1.93
Noviembre	6106	10	1339	2.19
Diciembre	3891	10	1273	1.29
Enero	3858	10	1253	3.43
Febrero	7647	10	1476	1.96
Marzo	6572	10	1636	2.34
Abril	6634	10	1433	2.16
Mayo	7911	10	1636	2.07

Fig. 14. Hoja de cálculo 3 - Cálculo del RRHH

Descripción del Cálculo de RRHH por Célula de Manufactura

Para el caso del área de aparado se requiere tomar en cuenta dos puntos importantes respecto al recurso humano, el primero de ellos se refiere a la cantidad de personas que se necesita por cada célula de manufactura y el segundo punto establece la cantidad de células de las que se debe componer el área de aparado en cada empresa.

Empresa A

En las Tablas 60 y 61 se observa el cálculo de la cantidad de colaboradores requerida dentro de cada celda de manufactura para los modelos casual y deportivo de la Empresa A, para lo cual se emplea la capacidad de producción mínima del estudio de tiempos de cada modelo y se divide dicho valor para la capacidad registrada de cada tarea, tal como se explica en la ecuación 21 con un ejemplo de la primer tarea del modelo casual de hombre:

$$\text{Necesidad RRHH} = \frac{\text{Capacidad mínima}}{\text{Capacidad del proceso}} = \frac{57}{353} = 0.16 \quad (22)$$

El cálculo descrito previamente se aplica sobre cada proceso de manera que la suma de éstos genere la cantidad de trabajadores requerida para los diferentes modelos tal como se observa en las Tablas 60 y 61.

Tabla 60. Número de trabajadores por célula modelo casual – Empresa A

CASUAL HOMBRE			
Procesos	Capacidad de producción (par/turno)	Capacidad utilizada	Necesidad de RRHH
Destallado	353,00	16%	0.16
Rayado	278,00	20%	0.20
Serigrafiado	641,00	9%	0.09
Aparar talón	318,00	18%	0.18
Aparar capellada	112,00	51%	0.51
Cerrar	77,00	74%	0.74
Embolsar	57,00	100%	1.00
Aparar lengüeta	122,00	46%	0.46
Terminado	116,00	49%	0.49
Número de personas por célula recomendada			3.82
Mínimo	57,00		

Tabla 61. Número de trabajadores por célula modelo deportivo – Empresa A

DEPORTIVO MUJER			
Procesos	Capacidad de producción (par/turno)	Capacidad utilizada	Necesidad de RRHH
Destallado	385,00	16%	0.16
Rayado	111,00	56%	0.56
Aparar talón	264,00	23%	0.23
Aparar capellada	78,00	79%	0.79
Cerrar	120,00	52%	0.52
Embolsar	62,00	100%	1.00
Aparar lengüeta	126,00	49%	0.49
Terminado	311,00	20%	0.20
Número de personas por célula recomendada			3.95
Mínimo	62,00		

En base a los datos mostrados se establece que cada célula de trabajo para la Empresa A requiere de un total de 4 trabajadores.

Empresa B

En las Tablas 62 y 63 se observa el cálculo de la cantidad de colaboradores requerida dentro de cada celda de manufactura para los modelos seguridad industrial y seguridad industrial a inyección de la Empresa B, mediante la aplicación de la ecuación 22.

Tabla 62. Número de trabajadores por célula modelo seguridad industrial – Empresa B

SEGURIDAD INDUSTRIAL			
Procesos	Capacidad de producción (par/turno)	Capacidad utilizada	Necesidad de RRHH
Destallado	434,00	24%	0.24
Rayado	431,00	24%	0.24
Aparar talón	140,00	75%	0.75
Embolsar	216,00	48%	0.48
Aparar capellada	203,00	51%	0.51
Cerrar	104,00	100%	1.00
Terminado (Ojalillado)	460,00	23%	0.23
Número de personas por célula recomendada			3.46
Mínimo	104,00		

Tabla 63. Número de trabajadores por célula modelo seguridad strobel – Empresa B

SEGURIDAD INDUSTRIAL "STROBEL"			
Procesos	Capacidad de producción (par/turno)	Capacidad utilizada	Necesidad de RRHH
Destallado	424,00	23%	0.23
Rayado	362,00	27%	0.27
Aparar talón	130,00	76%	0.76
Embolsar corte	180,00	55%	0.55
Aparar capellada	99,00	100%	1.00
Cerrar corte	197,00	50%	0.50
Terminado (Ojalillado)	480,00	21%	0.21
Preparación de cortes	297,00	33%	0.33
Conformado de talón	754,00	13%	0.13
Proceso Strobel	500,00	20%	0.20
Número de personas por célula recomendada			4.20
Mínimo	99,00		

En base a los datos mostrados se establece que cada célula de trabajo de la Empresa B debe tener un aproximado de 4 para los dos modelos seleccionados.

Descripción del Cálculo de Célula de Manufactura

Parte característica del área de aparato se enfoca en establecer la cantidad de células que se requieren para satisfacer una determinada demanda, de manera que se distribuya el uso de recursos humanos acorde a las necesidades de la empresa, es decir que mientras una parte de las células cubre la demanda de los modelos estrella de cada empresa, el resto satisficará la demanda de los otros modelos.

Empresa A

En la Tabla 64 se lleva a cabo el cálculo de las células requeridas para abastecer la demanda de los modelos casual y deportivo de la Empresa A, mediante la aplicación de la ecuación 22 que se ejemplifica con los datos correspondientes al mes de Junio.

$$\text{No. Células} = \frac{\text{Demanda de modelos en estudio} * \text{Número total de células}}{\text{Demanda total}} \quad (23)$$

$$\text{No. Células Junio} = \frac{1684 \text{ pares} * 10 \text{ células}}{6928 \text{ pares}}$$

$$\text{No. Células Junio} = 2,43 = 3 \text{ células}$$

Tabla 64. Número de células de manufactura requeridas – Empresa A

EMPRESA A		Producción total		Producción en estudio		
Año	Mes	Demanda total (pares)	Necesidad de células	Demanda de los modelos en estudio (pares)	Necesidad teórica de células	Necesidad real de células
2016	Junio	6928	10	1684	2,43	4
	Julio	6630	10	1411	2,13	3
	Agosto	8860	10	1562	1,76	3
	Septiembre	6196	10	1436	2,32	3
	Octubre	7037	10	1361	1,93	2
	Noviembre	6106	10	1339	2,19	3
	Diciembre	9891	10	1273	1,29	2
2017	Enero	3658	10	1253	3,43	4
	Febrero	7547	10	1476	1,96	2
	Marzo	6572	10	1536	2,34	3
	Abril	6634	10	1433	2,16	3
	Mayo	7911	10	1636	2,07	2

En base a los datos descritos en la Tabla 64 se define que la Empresa A cuenta con un total de 10 células de manufactura para satisfacer la demanda requerida por la totalidad de modelos que ésta posee, sin embargo se designa una cantidad que varía de 2 a 3 células para satisfacer los modelos casual de hombre y deportivo de mujer, ya que si la necesidad de la cantidad de células posee un valor decimal se emplea el valor correspondiente al número entero superior.

Empresa B

En la Tabla 65 se observa el resultado de las células requeridas para abastecer la demanda de los modelos seguridad industrial y seguridad industrial a inyección de la Empresa B, mediante la aplicación de la ecuación 23.

Tabla 65. Número de células de manufactura requeridas – Empresa B

EMPRESA B		Producción total		Producción en estudio		
Año	Mes	Demanda total(pares)	Necesidad de células	Demanda de los modelos en estudio (pares)	Necesidad teórica de células	Necesidad real de células
2016	Junio	6910	6	1788	1,55	2
	Julio	11716	6	2735	1,40	3
	Agosto	6513	6	1405	1,29	2
	Septiembre	6222	6	1475	1,42	2
	Octubre	5925	6	1403	1,42	2
	Noviembre	6778	6	1666	1,47	2
	Diciembre	8647	6	2003	1,39	2
2017	Enero	6171	6	1216	1,18	2
	Febrero	12016	6	2608	1,30	2
	Marzo	8380	6	1950	1,40	2
	Abril	6769	6	1555	1,38	2
	Mayo	6515	6	1239	1,14	2

En base a los datos descritos en la Tabla 65 se define que la Empresa B cuenta con un total de 6 células de manufactura para satisfacer la demanda requerida por la totalidad de modelos que ésta posee, sin embargo se designa una cantidad de 2 a 3 células para satisfacer los modelos casual de seguridad industrial y seguridad industrial a inyección, ya que si la necesidad de la cantidad de células posee un valor decimal se emplea el valor correspondiente al número entero superior.

4.6 Experimentación del Modelo de Planeación de la Producción en Aparado

Dado que previamente se definen los parámetros de las variables deseadas se procede a ingresar los valores en el modelo de planificación elaborado en el software Excel, con el fin de que se establezca el cálculo automático del número de turnos, cantidad de pares requeridos, horas de producción, capacidad de producción y la distribución de los días en que se inicia y culmina la actividad laboral de aparato.

4.6.1 Cálculos de Turnos a Utilizar

En este punto se realizan pruebas continuas y se analiza el trimestre de Junio a Agosto del 2016. En la Fig. 15 se observa la cuarta hojan de cálculo en que se genera automáticamente el valor de los turnos a emplear de acuerdo a las células de trabajo asignadas, siendo éste el único valor que el usuario debe ingresar.

MES	JUNIO										JULIO															
	LINEA CONVENCIONAL										LINEA CONVENCIONAL															
	MERO DE CELULAS: 3										MERO DE CELULAS: 3															
	DIAS A LA SEMANA: 3										DIAS A LA SEMANA: 1															
SEMANA 1	Código	Modelo	CP diaria (pares/turno)	CP semanal (pares/se)	Demanda (pares)	Peso (%)	Comodin (pares)	Capacidad media ponderada	Turnos (semana)		Código	Modelo	CP diaria (pares/turno)	CP semanal (pares/se)	Demanda (pares)	Peso (%)	Comodin (pares)	Capacidad media ponderada	Turnos (semana)		Código	Modelo	CP diaria (pares/turno)			
	000487	CASUAL	169.82	509.45	106.00	46.09%	246.21	246.21	0.21		000487	CASUAL	170	170	31	47.8%	85	85	0.19		000487	CASUAL	113			
	000456	DEPORTIVO MUJER	185.70	557.11	124.00	53.91%	288.02	288.02	0.22		000456	DEPORTIVO MUJER	186	186	35	52.2%	95	95	0.19		000456	DEPORTIVO MUJER	124			
	TOTAL				230.00	100.00%	534.23	534.23	0.43	DIAS A LABI: 1.32	TOTAL			356	356	67	100%	178	178	0.38	DIAS A LABI: 0.38	TOTAL			237	
DIAS A LA SEMANA: 5										DIAS A LA SEMANA: 5																
SEMANA 2	Código	Modelo	CP diaria (pares/turno)	CP semanal (pares/se)	Demanda (pares)	Peso (%)	Comodin (pares)	Capacidad media ponderada	Turnos (semana)		Código	Modelo	CP diaria (pares/turno)	CP semanal (pares/se)	Demanda (pares)	Peso (%)	Comodin (pares)	Capacidad media ponderada	Turnos (semana)		Código	Modelo	CP diaria (pares/turno)			
	000487	CASUAL	170	849	176	46.1%	410	410	0.21		000487	CASUAL	170	849	159	47.3%	421	421	0.19		000487	CASUAL	113			
	000456	DEPORTIVO MUJER	186	919	206	53.9%	480	480	0.22		000456	DEPORTIVO MUJER	186	919	177	51.7%	468	468	0.19		000456	DEPORTIVO MUJER	124			
	TOTAL				356	1778	382	100%	890	890	0.43	DIAS A LABI: 2.15	TOTAL			356	1778	336	100%	889	889	0.38	DIAS A LABI: 0.38	TOTAL		
DIAS A LA SEMANA: 5										DIAS A LA SEMANA: 5																
SEMANA 3	Código	Modelo	CP diaria (pares/turno)	CP semanal (pares/se)	Demanda (pares)	Peso (%)	Comodin (pares)	Capacidad media ponderada	Turnos (semana)		Código	Modelo	CP diaria (pares/turno)	CP semanal (pares/se)	Demanda (pares)	Peso (%)	Comodin (pares)	Capacidad media ponderada	Turnos (semana)		Código	Modelo	CP diaria (pares/turno)			
	000487	CASUAL	170	849	176	46.1%	410	410	0.21		000487	CASUAL	170	849	159	47%	421	421	0.19		000487	CASUAL	113			
	000456	DEPORTIVO MUJER	186	919	206	53.9%	480	480	0.22		000456	DEPORTIVO MUJER	186	919	177	53%	468	468	0.19		000456	DEPORTIVO MUJER	124			
	TOTAL				356	1778	382	100%	890	890	0.43	DIAS A LABI: 2.15	TOTAL			356	1778	336	100%	889	889	0.38	DIAS A LABI: 1.89	TOTAL		
DIAS A LA SEMANA: 5										DIAS A LA SEMANA: 5																

Fig. 15. Hoja de Cálculo 4 - Cálculo de Turnos de Trabajo

Uno de los principales factores a la hora de desarrollar un adecuado programa de producción se centra en determinar el número de días que toma cumplir con la demanda requerida, ya que a partir de este punto el personal a cargo del área puede evaluar la información y en ciertos casos puede tomar acciones sobre los recursos considerados mejorando la situación de la empresa o afrontando una anomalía o daño presentado en algún puesto de trabajo de las diferentes líneas de fabricación.

Cálculo de la Capacidad de Producción Semanal

Adicionalmente, se cita el valor correspondiente a la capacidad de producción por modelo de cada empresa a partir de lo cual se define el valor de la capacidad semanal empleando la ecuación 24.

$$\text{Capacidad Semanal} = \text{Capacidad diaria} * \text{No. días de la semana} \quad (24)$$

$$\text{Capacidad Semanal Casual} = 170 \frac{\text{pares}}{\text{día}} * 3 \frac{\text{días}}{\text{semana}}$$

$$\text{Capacidad Semanal Casual} = 510 \frac{\text{pares}}{\text{semana}}$$

Los resultados obtenidos con la ecuación 24 se visualizan en las columnas “Capacidad Semanal” de las Tablas 66 a la 71; además se observa la columna “Demanda” en la cual se establecen las cantidades semanales solicitadas por el área de montaje de acuerdo a las órdenes de pedido recibidas (Tablas 54 a la 59).

Cálculo de la Capacidad Ponderada

En las Tablas 66 a la 71 se añade el proceso de ponderación para el cálculo de la media ponderada mediante la aplicación de la ecuación 9, este hecho tiene lugar debido a que se presenta una combinación de modelos a fabricar, por lo cual se requiere encontrar una cantidad equilibrada de producción.

El valor generado en la columna “Peso” corresponde a los porcentajes de la importancia de fabricación que posee cada modelo y se lo obtiene dividiendo el valor de la demanda de cada modelo para el valor de la suma total de modelos demandados (ecuación 9), por ejemplo para la Empresa A en la primer semana de junio se tiene que:

$$\text{Peso \% casual} = \frac{106 \text{ pares}}{230 \text{ pares}} * 100\% = 7,4\%$$

Función Objetivo – Columna Comodín

Una vez que se ha aplicado el cálculo descrito sobre cada modelo de las Empresas A y B se procede a obtener el valor de la media ponderada a partir de la columna “Comodín” para ello se requiere emplear una de las herramientas para el análisis de datos que el software Excel posee; dicha herramienta toma el nombre de “Buscar Objetivo” y representa una técnica que permite encontrar un resultado de una fórmula

sencilla al modificar el valor que posee una determinada celda, es decir, que la herramienta en mención ayuda a calcular el valor que debe tomar una o más variables para que el resultado final de un cálculo sea un valor de entrada deseado.

La función “Buscar Objetivo” emplea un cuadro de diálogo para el ingreso manual del valor de entrada y el cambio de celdas tal como se muestra en la Fig. 16, en donde la sección “definir celda” hace referencia a la fórmula sobre la que se desea trabajar, “con el valor” comprende el resultado que se desea obtener y “para cambiar la celda” que define la variable que se desea variar.

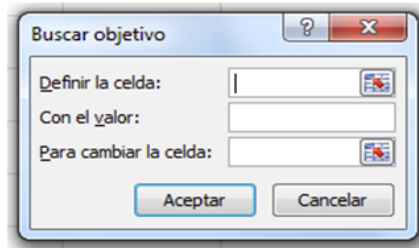


Fig. 16. Cuadro de dialogo función buscar objetivo

Cálculo de los Turnos de Trabajo

Adicionalmente, se procede a calcular el número de turnos requeridos para fabricar la cantidad demandada por el área de montaje, para ello se requiere dividir la cantidad semanal requerida para la capacidad semanal establecida tal como se describe en la ecuación 25, ejemplificando el cálculo de las cantidades de la primer semana del mes de Junio del 2016.

$$\text{Turnos} = \frac{\text{Demanda semanal}}{\text{Capacidad semanal}} \quad (25)$$

$$\text{Turnos Casual} = \frac{14 \frac{\text{pares}}{\text{semana}}}{566 \frac{\text{pares}}{\text{semana}}} = 0,025 \text{ semanas}$$

Dicho cálculo se aplica a cada modelo de las Empresas A y B generando los valores mostrados en las columnas denominadas “Turnos” de las Tablas 66 a la 71, cuya sumatoria obtiene un valor en semanas; por dicha razón se realiza una conversión automática a días, pues de esta forma el manejo de la información resulta más sencillo.

Función Objetivo sobre el Total de Turnos por Semana

Por último se aplica una última función buscar objetivo con la que se crea una relación entre el total de los turnos requeridos y el total del comodín, es decir, que a medida que

el total de turnos cambie también se presentan variaciones automáticas en los valores del comodín y por ende se ven afectados los valores correspondientes a la media ponderada calculada.

Desarrollo de Macros para las Funciones Objetivo Aplicadas

Ya que la finalidad del programa de producción es generar resultados automáticamente se hace uso de otra herramienta de Excel denominada macros, mediante la cual se generan una serie de comandos que permiten realizar las funciones buscar objetivo descritas previamente de manera que se ejecuten automáticamente con solo presionar un botón, dichos códigos pueden observarse en el Anexo 5.

Resultados de la Empresa A

En las Tablas 66, 67 y 68 se visualizan los resultados obtenidos al aplicar cada uno de los pasos previamente descritos en el trimestre de Junio a Agosto del 2016 para los modelos estrella demandados en la Empresa A.

Tabla 66. Cálculo de turnos del mes de Junio – Empresa A

Mes	Junio	Semana	1	Días a la semana		3	N° Células	4
Código	Modelo	CP diaria (pares/turno)	CP semanal (pares/semana)	Demanda (pares)	Peso (%)	Comodín (pares)	Capacidad media ponderada (pares)	Turnos (semana)
CA873	CASUAL	228	684	106	46,1 %	329	329	0,15
SK568	DEPORTIVO MUJER	248	744	124	53,9 %	385	385	0,17
TOTAL				230	100 %	715	715	0,32
							DIAS A LABORAR	0,96
Mes	Junio	Semana	2	Días a la semana		5	N° Células	4
Código	Modelo	CP diaria (pares/turno)	CP semanal (pares/semana)	Demanda (pares)	Peso (%)	Comodín (pares)	Capacidad media ponderada (pares)	Turnos (semana)
CA873	CASUAL	228	1140	176	46,1 %	549	549	0,16
SK568	DEPORTIVO MUJER	248	1240	206	53,9 %	642	642	0,17
TOTAL				382	100 %	1191	1191	0,32
							DIAS A LABORAR	1,60

Mes	Junio	Semana	3	Días a la semana		5	Nº Células	4
Código	Modelo	CP diaria (pares/turno)	CP semanal (pares/semana)	Demanda (pares)	Peso (%)	Comodín (pares)	Capacidad media ponderada (pares)	Turnos (semana)
CA873	CASUAL	228	1140	176	46,1 %	549	549	0,15
SK568	DEPORTIVO MUJER	248	1240	206	53,9 %	642	642	0,17
TOTAL				382	100 %	1191	1191	0,32
							DIAS A LABORAR	1,60
Mes	Junio	Semana	4	Días a la semana		5	Nº Células	4
Código	Modelo	CP diaria (pares/turno)	CP semanal (pares/semana)	Demanda (pares)	Peso (%)	Comodín (pares)	Capacidad media ponderada (pares)	Turnos (semana)
CA873	CASUAL	228	1140	176	46,1 %	549	549	0,15
SK568	DEPORTIVO MUJER	248	1240	206	53,9 %	642	642	0,17
TOTAL				382	100 %	1191	1191	0,32
							DIAS A LABORAR	1,60
Mes	Junio	Semana	5	Días a la semana		4	Nº Células	4
Código	Modelo	CP diaria (pares/turno)	CP semanal (pares/semana)	Demanda (pares)	Peso (%)	Comodín (pares)	Capacidad media ponderada (pares)	Turnos (semana)
CA873	CASUAL	228	912	141	46,1 %	439	439	0,15
SK568	DEPORTIVO MUJER	248	992	165	53,9 %	514	514	0,17
TOTAL				306	100 %	953	953	0,32
							DIAS A LABORAR	1,28

Tabla 67. Cálculo de turnos del mes de Julio – Empresa A

Mes	Julio	Semana	1	Días a la semana		1	Nº Células	3
Código	Modelo	CP diaria (pares/turno)	CP semanal (pares/semana)	Demanda (pares)	Peso (%)	Comodín (pares)	Capacidad media ponderada (pares)	Turnos (semana)
CA873	CASUAL	171	171	32	47,8 %	85	85	0,19
SK568	DEPORTIVO MUJER	186	186	35	52,2 %	93	93	0,19
TOTAL				67	100 %	178	178	0,38
							DIAS A LABORAR	0,38

Mes	Julio	Semana	2	Días a la semana		5	Nº Células	3
Código	Modelo	CP diaria (pares/turno)	CP semanal (pares/semana)	Demanda (pares)	Peso (%)	Comodín (pares)	Capacidad media ponderada (pares)	Turnos (semana)
CA873	CASUAL	171	855	159	47,3 %	423	423	0,19
SK568	DEPORTIVO MUJER	186	930	177	52,7 %	471	471	0,19
TOTAL				336	100 %	894	894	0,38
							DIAS A LABORAR	1,88
Mes	Julio	Semana	3	Días a la semana		5	Nº Células	3
Código	Modelo	CP diaria (pares/turno)	CP semanal (pares/semana)	Demanda (pares)	Peso (%)	Comodín (pares)	Capacidad media ponderada (pares)	Turnos (semana)
CA873	CASUAL	171	855	159	47,3 %	423	423	0,19
SK568	DEPORTIVO MUJER	186	930	177	52,7 %	471	471	0,19
TOTAL				336	100 %	894	894	0,38
							DIAS A LABORAR	1,88
Mes	Julio	Semana	4	Días a la semana		5	Nº Células	3
Código	Modelo	CP diaria (pares/turno)	CP semanal (pares/semana)	Demanda (pares)	Peso (%)	Comodín (pares)	Capacidad media ponderada (pares)	Turnos (semana)
CA873	CASUAL	171	855	159	47,3 %	423	423	0,19
SK568	DEPORTIVO MUJER	186	930	177	52,7 %	471	471	0,19
TOTAL				336	100 %	894	894	0,38
							DIAS A LABORAR	1,88
Mes	Julio	Semana	5	Días a la semana		5	Nº Células	3
Código	Modelo	CP diaria (pares/turno)	CP semanal (pares/semana)	Demanda (pares)	Peso (%)	Comodín (pares)	Capacidad media ponderada (pares)	Turnos (semana)
CA873	CASUAL	171	855	159	47,3 %	423	423	0,19
SK568	DEPORTIVO MUJER	186	930	177	52,7 %	471	471	0,19
TOTAL				336	100 %	894	894	0,38
							DIAS A LABORAR	1,88

Tabla 68. Cálculo de turnos del mes de Agosto – Empresa A

Mes	Agosto	Semana	1	Días a la semana		5	Nº Células	3
Código	Modelo	CP diaria (pares/turno)	CP semanal (pares/semana)	Demanda (pares)	Peso (%)	Comodín (pares)	Capacidad media ponderada (pares)	Turnos (semana)
CA873	CASUAL	171	855	154	43,4 %	388	388	0,18
SK568	DEPORTIVO MUJER	186	930	201	56,6 %	507	507	0,22
TOTAL				355	100 %	895	895	0,40
DIAS A LABORAR								1,98
Mes	Agosto	Semana	2	Días a la semana		4	Nº Células	3
Código	Modelo	CP diaria (pares/turno)	CP semanal (pares/semana)	Demanda (pares)	Peso (%)	Comodín (pares)	Capacidad media ponderada (pares)	Turnos (semana)
CA873	CASUAL	171	684	123	43,4 %	310	310	0,18
SK568	DEPORTIVO MUJER	186	744	161	56,6 %	406	406	0,22
TOTAL				284	100 %	716	716	0,40
DIAS A LABORAR								1,58
Mes	Agosto	Semana	3	Días a la semana		5	Nº Células	3
Código	Modelo	CP diaria (pares/turno)	CP semanal (pares/semana)	Demanda (pares)	Peso (%)	Comodín (pares)	Capacidad media ponderada (pares)	Turnos (semana)
CA873	CASUAL	171	855	154	43,4 %	388	388	0,18
SK568	DEPORTIVO MUJER	186	930	201	56,6 %	507	507	0,22
TOTAL				355	100 %	895	895	0,40
DIAS A LABORAR								1,98
Mes	Agosto	Semana	4	Días a la semana		5	Nº Células	3
Código	Modelo	CP diaria (pares/turno)	CP semanal (pares/semana)	Demanda (pares)	Peso (%)	Comodín (pares)	Capacidad media ponderada (pares)	Turnos (semana)
CA873	CASUAL	171	855	154	43,4 %	388	3880	0,18
SK568	DEPORTIVO MUJER	186	930	201	56,6 %	507	507	0,22
TOTAL				355	100 %	895	895	0,40
DIAS A LABORAR								1,98

Mes	Agosto	Semana	5	Días a la semana		3	N° Células	3
Código	Modelo	CP diaria (pares/turno)	CP semanal (pares/semana)	Demanda (pares)	Peso (%)	Comodín (pares)	Capacidad media ponderada (pares)	Turnos (semana)
CA873	CASUAL	171	513	93	43,7 %	235	235	0,18
SK568	DEPORTIVO MUJER	186	558	120	56,3 %	303	303	0,22
	TOTAL			213	100 %	537	537	0,40
							DIAS A LABORAR	1,19

Resultados de la Empresa B

En las Tablas 69, 70 y 71 se visualizan los resultados obtenidos al aplicar cada uno de los pasos previamente descritos en el trimestre de Junio a Agosto del 2016 para los modelos estrella demandados en la Empresa B.

Tabla 69. Cálculo de turnos del mes de Junio – Empresa B

Mes	Junio	Semana	1	Días a la semana		3	N° Células	2
Código	Modelo	CP diaria (pares/turno)	CP semanal (pares/semana)	Demanda (pares)	Peso (%)	Comodín (pares)	Capacidad media ponderada (pares)	Turnos (semana)
S09	SEGURIDAD INDUSTRIAL	208	624	117	47,9 %	292	292	0,19
S10	SEGURIDAD A INYECCIÓN	198	594	127	52,1 %	317	317	0,21
	TOTAL			244	100 %	608	608	0,40
							DIAS A LABORAR	1,20
Mes	Junio	Semana	2	Días a la semana		5	N° Células	2
Código	Modelo	CP diaria (pares/turno)	CP semanal (pares/semana)	Demanda (pares)	Peso (%)	Comodín (pares)	Capacidad media ponderada (pares)	Turnos (semana)
S09	SEGURIDAD INDUSTRIAL	208	1040	195	46,1 %	487	487	0,19
S10	SEGURIDAD A INYECCIÓN	198	990	211	53,9 %	527	527	0,21
	TOTAL			406	100 %	1014	1014	0,40
							DIAS A LABORAR	2,00

Mes	Junio	Semana	3	Días a la semana		5	N° Células	2
Código	Modelo	CP diaria (pares/turno)	CP semanal (pares/semana)	Demanda (pares)	Peso (%)	Comodín (pares)	Capacidad media ponderada (pares)	Turnos (semana)
S09	SEGURIDAD INDUSTRIAL	208	1040	195	46,1 %	487	487	0,19
S10	SEGURIDAD A INYECCIÓN	198	990	211	53,9 %	527	527	0,21
TOTAL				406	100 %	1014	1014	0,40
							DIAS A LABORAR	2,00
Mes	Junio	Semana	4	Días a la semana		5	N° Células	2
Código	Modelo	CP diaria (pares/turno)	CP semanal (pares/semana)	Demanda (pares)	Peso (%)	Comodín (pares)	Capacidad media ponderada (pares)	Turnos (semana)
S09	SEGURIDAD INDUSTRIAL	208	1040	195	46,1 %	487	487	0,19
S10	SEGURIDAD A INYECCIÓN	198	990	211	53,9 %	527	527	0,21
TOTAL				406	100 %	1014	1014	0,40
							DIAS A LABORAR	2,00
Mes	Junio	Semana	5	Días a la semana		4	N° Células	2
Código	Modelo	CP diaria (pares/turno)	CP semanal (pares/semana)	Demanda (pares)	Peso (%)	Comodín (pares)	Capacidad media ponderada (pares)	Turnos (semana)
S09	SEGURIDAD INDUSTRIAL	208	832	156	46,1 %	389	389	0,19
S10	SEGURIDAD A INYECCIÓN	198	792	169	53,9 %	422	422	0,21
TOTAL				325	100 %	811	811	0,40
							DIAS A LABORAR	1,60

Tabla 70. Cálculo de turnos del mes de Julio – Empresa B

Mes	Julio	Semana	1	Días a la semana		1	N° Células	3
Código	Modelo	CP diaria (pares/turno)	CP semanal (pares/semana)	Demanda (pares)	Peso (%)	Comodín (pares)	Capacidad media ponderada (pares)	Turnos (semana)
S09	SEGURIDAD INDUSTRIAL	312	312	66	50,4 %	153	153	0,21
S10	SEGURIDAD A INYECCIÓN	297	297	65	49,6 %	151	151	0,22
TOTAL				131	100 %	304	304	0,43
							DIAS A LABORAR	0,43

Mes	Julio	Semana	2	Días a la semana		5	N° Células	3
Código	Modelo	CP diaria (pares/turno)	CP semanal (pares/semana)	Demanda (pares)	Peso (%)	Comodín (pares)	Capacidad media ponderada (pares)	Turnos (semana)
S09	SEGURIDAD INDUSTRIAL	312	1560	328	50,4 %	767	767	0,21
S10	SEGURIDAD A INYECCIÓN	297	1485	323	49,6 %	755	755	0,22
TOTAL				651	100 %	1522	1522	0,43
DIAS A LABORAR								2,14
Mes	Julio	Semana	3	Días a la semana		5	N° Células	3
Código	Modelo	CP diaria (pares/turno)	CP semanal (pares/semana)	Demanda (pares)	Peso (%)	Comodín (pares)	Capacidad media ponderada (pares)	Turnos (semana)
S09	SEGURIDAD INDUSTRIAL	312	1560	328	50,4 %	767	767	0,21
S10	SEGURIDAD A INYECCIÓN	297	1485	323	49,6 %	755	755	0,22
TOTAL				651	100 %	1522	1522	0,43
DIAS A LABORAR								2,14
es	Julio	Semana	4	Días a la semana		5	N° Células	3
Código	Modelo	CP diaria (pares/turno)	CP semanal (pares/semana)	Demanda (pares)	Peso (%)	Comodín (pares)	Capacidad media ponderada (pares)	Turnos (semana)
S09	SEGURIDAD INDUSTRIAL	312	1560	328	50,4 %	767	767	0,21
S10	SEGURIDAD A INYECCIÓN	297	1485	323	49,6 %	755	755	0,22
TOTAL				651	100 %	1522	1522	0,43
DIAS A LABORAR								2,14
Mes	Julio	Semana	5	Días a la semana		5	N° Células	3
Código	Modelo	CP diaria (pares/turno)	CP semanal (pares/semana)	Demanda (pares)	Peso (%)	Comodín (pares)	Capacidad media ponderada (pares)	Turnos (semana)
S09	SEGURIDAD INDUSTRIAL	312	1560	328	50,4 %	767	767	0,21
S10	SEGURIDAD A INYECCIÓN	297	1485	323	49,6 %	755	755	0,22
TOTAL				651	100 %	1522	1522	0,43
DIAS A LABORAR								2,14

Tabla 71. Cálculo de turnos del mes de Agosto – Empresa B

Mes	Agosto	Semana	1	Días a la semana		5	N° Células	2
Código	Modelo	CP diaria (pares/turno)	CP semanal (pares/semana)	Demanda (pares)	Peso (%)	Comodín (pares)	Capacidad media ponderada (pares)	Turnos (semana)
S09	SEGURIDAD INDUSTRIAL	208	1040	153	47,8 %	486	486	0,15
S10	SEGURIDAD A INYECCIÓN	198	990	166	52,2 %	528	528	0,17
TOTAL				319	100 %	811	811	0,31
							DIAS A LABORAR	1,57
Mes	Agosto	Semana	2	Días a la semana		4	N° Células	2
Código	Modelo	CP diaria (pares/turno)	CP semanal (pares/semana)	Demanda (pares)	Peso (%)	Comodín (pares)	Capacidad media ponderada (pares)	Turnos (semana)
S09	SEGURIDAD INDUSTRIAL	208	832	122	47,8 %	388	388	0,15
S10	SEGURIDAD A INYECCIÓN	198	792	133	52,2 %	423	423	0,17
TOTAL				255	100 %	811	811	0,31
							DIAS A LABORAR	1,26
Mes	Agosto	Semana	3	Días a la semana		5	N° Células	2
Código	Modelo	CP diaria (pares/turno)	CP semanal (pares/semana)	Demanda (pares)	Peso (%)	Comodín (pares)	Capacidad media ponderada (pares)	Turnos (semana)
S09	SEGURIDAD INDUSTRIAL	208	1040	153	47,8 %	486	486	0,15
S10	SEGURIDAD A INYECCIÓN	198	990	166	52,2 %	528	528	0,17
TOTAL				319	100 %	811	811	0,31
							DIAS A LABORAR	1,57
Mes	Agosto	Semana	4	Días a la semana		5	N° Células	2
Código	Modelo	CP diaria (pares/turno)	CP semanal (pares/semana)	Demanda (pares)	Peso (%)	Comodín (pares)	Capacidad media ponderada (pares)	Turnos (semana)
S09	SEGURIDAD INDUSTRIAL	208	1040	153	47,8 %	486	486	0,15
S10	SEGURIDAD A INYECCIÓN	198	990	166	52,2 %	528	528	0,17
TOTAL				319	100 %	811	811	0,31
							DIAS A LABORAR	1,57

Mes	Agosto	Semana	5	Días a la semana	3	N° Células	2	
Código	Modelo	CP diaria (pares/turno)	CP semanal (pares/semana)	Demanda (pares)	Peso (%)	Comodín (pares)	Capacidad media ponderada (pares)	Turnos (semana)
S09	SEGURIDAD INDUSTRIAL	208	624	92	47,8 %	291	291	0,15
S10	SEGURIDAD A INYECCIÓN	198	594	100	52,2 %	317	317	0,17
	TOTAL			192	100 %	608	608	0,32
						DIAS A LABORAR		0,95

4.6.2 Programación de la Producción

Uno de los principales factores que influye directamente en la eficiencia de una empresa hace referencia a la programación de la producción, debido a que a partir de esta actividad se pueden definir las fechas de entrega de los pedidos y se evalúa la eficiencia del recurso humano y materiales que se emplean, lo que permite aprovechar al máximo la capacidad productiva del área de aparato. El uso de este tipo de herramientas permite que el área de aparato no se sobrecargue con los pedidos de manera que el flujo del sub ensamble circule sin anomalías.

PROGRAMACION DE PRODUCCION					PROCESO APARADO										
MES	JUNIO				JULIO				AGOSTO						
	SEMANA 1														
DIAS LABORABLES EN LA SEMANA	3				1				5						
No. CELULAS LINEA CONVENCIONAL	3				3				2						
No. TURNOS/DIA CONVENCIONAL	1				1				1						
CAPACIDAD PONDERADA (pares)	534				178				595						
TOTAL DE TURNOS TROQUELADO (días)	0,135				0,236				0,303						
TOTAL DE TURNOS APARADO (días)	1,292				0,377				2,984						
DATOS GENERALES PROCESO APARADO:	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
DIAS DE PRODUCCION TROQUELADO	0,135					0,236					0,303				
DIAS DE PRODUCCION APARADO	0,800	0,545				1,000	0,756				1,000	0,425			
LINEA CONVENCIONAL (pares)	107	97				178	134				119	51			
HORAS DE PRODUCCION	4,8	4,36				8	6,05				8	3,4			
	SEMANA 2														
DIAS LABORABLES EN LA SEMANA	5				5				4						
No. CELULAS LINEA CONVENCIONAL	3				3				2						
No. TURNOS/DIA CONVENCIONAL	1				1				1						
CAPACIDAD PONDERADA (pares)	890				889				476						
TOTAL DE TURNOS TROQUELADO (días)	0,213				0,191				0,371						
TOTAL DE TURNOS APARADO(días)	2,146				1,589				2,387						
DATOS GENERALES PROCESO APARADO:	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
DIAS DE PRODUCCION TROQUELADO	0,213					0,191					0,371				
DIAS DE PRODUCCION APARADO	1,000	0,900				1,000	0,605				1,000	0,781			

Fig. 17. Hoja de Cálculo 5 - Programación Diaria de la Producción

En la Fig. 17 se observa la última hoja de cálculo en que se citan los valores más importantes durante el desarrollo del modelo planteado mediante los cuales se asignan los turnos de trabajo que toma cumplir un pedido en cada semana. Para ello se requiere considerar las políticas de producción entre sub ensambles para las dos empresas. Cabe resaltar que en este punto el usuario ingresa manualmente los días asignados para aparado en base a la liberación del producto en el área de troquelado. Por ejemplo, si troquelado libera el producto al final del día 1 de la semana entonces aparado inicia en el día dos en adelante hasta culminar con la orden de producción para liberar el pedido y enviarlo al área de montaje.

Políticas de producción para las Empresas A y B

Durante el proceso de observación de las actividades de aparado en las diferentes empresas participantes se ha identificado una política de producción semejante entre ellos, la cual se describe en los siguientes puntos:

- Las actividades de la programación semanal darán inicio el primer día de cada semana con el área de troquelado, cuyas actividades deben tomar un tiempo máximo de 1,5 días, en una semana ordinaria (5 días).
- Se dará inicio a la producción en aparado siempre que los pedidos solicitados al área de troquelado sean entregados antes de la mitad de la jornada de trabajo ordinario.
- En caso de que troquelado termine su producción a la mitad de la jornada de trabajo o después de ella, se establece que aparado da inicio a su producción desde el siguiente día.

Resumen General de las variables de producción

En las Tablas 72 y 73 se observa una sección inicial que contiene los valores correspondientes a una serie de variables generales cuyos cálculos se obtuvieron en pasos anteriores tales como: cantidad de días por semana, el número total de células requeridas, capacidad de producción y total de turnos en días requeridos para cumplir con la demanda solicitada de las líneas convencional y strobels; dado que se trata de un proyecto integrador resulta fundamental considerar los turnos correspondientes a fabricación del proveedor interno de aparado, es decir del área de troquelado.

Cálculo de Cantidades Producidas

Para establecer el tiempo de fabricación de troquelado se toman los resultados de una investigación independiente [25]; posteriormente, se toma el valor de los turnos de aparato obtenidos en las Tablas 66 a la 68 para la Empresa A y de las Tablas 69 a la 71 para la Empresa B cuyos valores se emplean en el cálculo de la cantidad producida por cada jornada de trabajo en las diferentes semanas del trimestre de junio a Agosto del 2016 mediante la guía de la ecuación 26:

$$\text{Cantidad producida} = \frac{\text{Días de producción} * \text{Cp semanal}}{\text{No. días por semana}} \quad (26)$$

Para ejemplificar su desarrollo se aplica la ecuación 26 sobre la primer semana del trimestre mencionado en la Empresa A obteniendo que:

$$\text{Cantidad producida Convencional} = \frac{0,96 \text{ días} * 712 \frac{\text{pares}}{\text{semana}}}{3 \frac{\text{días}}{\text{semana}}}$$

$$\text{Cantidad producida Convencional} = 230 \text{ pares}$$

Cálculo de horas de trabajo

Finalmente, se tiene que a partir de la cantidad producida por semana se determina la cantidad de horas de producción de cada turno de trabajo requerido para completar la demanda receptada empleando la ecuación 27:

$$\text{HP} = \frac{\text{Cantidad producida}}{\text{Capacidad de producción}} * \text{HD} * \text{Días a la semana} \quad (27)$$

$$\text{HP convencional} = \frac{230 \text{ pares}}{712 \frac{\text{pares}}{\text{semana}}} * 8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 3 \frac{\text{días}}{\text{semana}}$$

$$\text{HP convencional} = 7,6 \text{ horas}$$

Resultados Obtenidos en la Empresa A

En la Tabla 72 se observa la información descrita en los puntos anteriores junto con los resultados de la programación diaria de cada semana en el trimestre de Junio a Agosto del 2016.

Tabla 72. Programación diaria de producción en aparado de los meses de Junio a Agosto del 2016 – Empresa A

MES	JUNIO					JULIO					AGOSTO				
	SEMANA 1														
DIAS LABORABLES EN LA SEMANA	3					1					5				
No. CELULAS	4					3					3				
No. TURNOS/DIA	1					1					1				
CAPACIDAD MEDIA PONDERADA (pares)	715					179					895				
TIEMPO DE FABRICACIÓN TROQUELADO (días)	1,19					0,18					1,73				
TIEMPO DE FABRICACIÓN APARADO (días)	0,96					0,38					1,98				
	N° DE DIAS					N° DE DIAS					N° DE DIAS				
DATOS GENERALES	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
DIAS DE PRODUCCIÓN TROQUELADO	1,00	0,19				0,18					1,00	0,73			
DIAS DE PRODUCCIÓN APARADO		0,76	0,20			0,38							1,00	0,98	
PRODUCCIÓN APARADO (pares)		181	48			67							179	176	
HORAS DE PRODUCCIÓN APARADO		6,08	1,6			3,04							8,0	7,84	
	SEMANA 2														
DIAS LABORABLES EN LA SEMANA	5					5					4				
No. CELULAS	4					3					3				
No. TURNOS/DIA	1					1					1				
CAPACIDAD MEDIA PONDERADA (pares)	1191					894					716				
TIEMPO DE FABRICACIÓN TROQUELADO (días)	1,98					0,89					1,38				

TIEMPO DE FABRICACIÓN APARADO (días)	1,60					1,88					1,58									
	N° DE DIAS										N° DE DIAS									
DATOS GENERALES	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5					
DIAS DE PRODUCCIÓN TROQUELADO	1,00	0,98				0,89					1,00	0,38								
DIAS DE PRODUCCIÓN APARADO			1,00	0,60			1,00	0,89				0,58	1,00							
PRODUCCIÓN APARADO (pares)			238	143			179	157				104	179							
HORAS DE PRODUCCIÓN APARADO			8,0	4,8			8,0	7,04				4,64	8,0							
	SEMANA 3																			
DIAS LABORABLES EN LA SEMANA	5					5					5									
No. CELULAS	4					3					3									
No. TURNOS/DIA	1					1					1									
CAPACIDAD MEDIA PONDERADA (pares)	1191					894					895									
TIEMPO DE FABRICACIÓN TROQUELADO (días)	1,98					0,89					1,73									
TIEMPO DE FABRICACIÓN APARADO (días)	1,60					1,89					1,98									
	N° DE DIAS										N° DE DIAS									
DATOS GENERALES	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5					
DIAS DE PRODUCCIÓN TROQUELADO	1,00	0,98				0,89					1,00	0,73								
DIAS DE PRODUCCIÓN APARADO			1,00	0,60			1,00	0,88					1,00	0,98						
PRODUCCIÓN APARADO (pares)			238	143			179	157					179	176						
HORAS DE PRODUCCIÓN APARADO			8,0	4,8			8,0	7,04					8,0	7,84						
	SEMANA 4																			
DIAS LABORABLES EN LA SEMANA	5					5					5									
No. CELULAS	4					3					3									
No. TURNOS/DIA	1					1					1									
CAPACIDAD MEDIA PONDERADA (pares)	1191					894					895									
TIEMPO DE FABRICACIÓN TROQUELADO (días)	1,98					0,89					1,73									

TIEMPO DE FABRICACIÓN APARADO (días)	1,60					1,88					1,98									
N° DE DIAS											N° DE DIAS					N° DE DIAS				
DATOS GENERALES	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5					
DIAS DE PRODUCCIÓN TROQUELADO	1,00	0,98				0,89					1,00	0,73								
DIAS DE PRODUCCIÓN APARADO			1,00	0,60			1,00	0,88					1,00	0,98						
PRODUCCIÓN APARADO (pares)			238	143			179	157					179	176						
HORAS DE PRODUCCIÓN APARADO			8,0	4,8			8,0	7,04					8,0	7,84						
SEMANA 5																				
DIAS LABORABLES EN LA SEMANA	4					5					3									
No. CELULAS	4					3					3									
No. TURNOS/DIA	1					1					1									
CAPACIDAD MEDIA PONDERADA (pares)	949					894					537									
TIEMPO DE FABRICACIÓN TROQUELADO (días)	1,58					0,89					1,04									
TIEMPO DE FABRICACIÓN APARADO (días)	1,28					1,88					1,19									
N° DE DIAS											N° DE DIAS					N° DE DIAS				
DATOS GENERALES	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5					
DIAS DE PRODUCCIÓN TROQUELADO	1,00	0,58				0,89					1,00	0,04								
DIAS DE PRODUCCIÓN APARADO		0,28	1,00				1,00	0,88				0,90	0,29							
PRODUCCIÓN APARADO (pares)		67	238				179	157				161	52							
HORAS DE PRODUCCIÓN APARADO		2,24	8,0				8,0	7,04				7,2	2,32							

Resultados Obtenidos en la Empresa B

En la Tabla 73 se observa la información descrita en los puntos anteriores junto con los resultados de la programación diaria de cada semana en el trimestre de Junio a Agosto del 2016.

Tabla 73. Programación diaria de producción en aparado de los meses de Junio a Agosto del 2016 – Empresa B

MES	JUNIO					JULIO					AGOSTO				
	SEMANA 1														
DIAS LABORABLES EN LA SEMANA	3					1					5				
No. CELULAS	2					3					2				
No. TURNOS/DIA	1					1					1				
CAPACIDAD MEDIA PONDERADA (pares)	608					304					1014				
TIEMPO DE FABRICACIÓN TROQUELADO (días)	0,38					0,13					0,91				
TIEMPO DE FABRICACIÓN APARADO (días)	1,20					0,43					1,57				
	N° DE DIAS					N° DE DIAS					N° DE DIAS				
DATOS GENERALES	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
DIAS DE PRODUCCIÓN TROQUELADO	0,38					0,13					0,91				
DIAS DE PRODUCCIÓN APARADO	0,60	0,60				0,43						1,00	0,57		
PRODUCCIÓN APARADO (pares)	122	122				131						203	116		
HORAS DE PRODUCCIÓN APARADO	4,8	4,8				3,4						8,0	4,6		
	SEMANA 2														
DIAS LABORABLES EN LA SEMANA	5					5					4				
No. CELULAS	2					3					2				
No. TURNOS/DIA	1					1					1				
CAPACIDAD MEDIA PONDERADA (pares)	1014					1522					811				
TIEMPO DE FABRICACIÓN TROQUELADO (días)	0,62					0,65					0,72				
TIEMPO DE FABRICACIÓN APARADO (días)	2,00					2,14					1,26				

N° DE DIAS						N° DE DIAS					N° DE DIAS				
DATOS GENERALES	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
DIAS DE PRODUCCIÓN TROQUELADO	0,62					0,65					0,72				
DIAS DE PRODUCCIÓN APARADO		1,00	1,00				1,00	1,00	0,14			1,00	0,26		
PRODUCCIÓN APARADO (pares)		203	203				304	304	43			203	52		
HORAS DE PRODUCCIÓN APARADO		8,0	8,0				8,0	8,0	1,1			8,0	2,1		
SEMANA 3															
DIAS LABORABLES EN LA SEMANA	5					5					5				
No. CELULAS	2					3					2				
No. TURNOS/DIA	1					1					1				
CAPACIDAD MEDIA PONDERADA (pares)	1014					1522					1014				
TIEMPO DE FABRICACIÓN TROQUELADO (días)	0,62					0,65					0,91				
TIEMPO DE FABRICACIÓN APARADO (días)	2,00					2,14					1,57				
N° DE DIAS						N° DE DIAS					N° DE DIAS				
DATOS GENERALES	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
DIAS DE PRODUCCIÓN TROQUELADO	0,62					0,65					0,91				
DIAS DE PRODUCCIÓN APARADO		1,00	1,00				1,00	1,00	0,14			1,00	0,57		
PRODUCCIÓN APARADO (pares)		203	203				304	304	43			203	116		
HORAS DE PRODUCCIÓN APARADO		8,0	8,0				8,0	8,0	1,1			8,0	4,6		
SEMANA 4															
DIAS LABORABLES EN LA SEMANA	5					5					5				
No. CELULAS	2					3					2				
No. TURNOS/DIA	1					1					1				
CAPACIDAD MEDIA PONDERADA (pares)	1014					1522					1014				
TIEMPO DE FABRICACIÓN TROQUELADO (días)	0,62					0,65					0,91				
TIEMPO DE FABRICACIÓN APARADO (días)	2,00					2,14					1,57				
N° DE DIAS						N° DE DIAS					N° DE DIAS				

DATOS GENERALES	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
DIAS DE PRODUCCIÓN TROQUELADO	0,62					0,65					0,91				
DIAS DE PRODUCCIÓN APARADO		1,00	1,00				1,00	1,00	0,14			1,00	0,57		
PRODUCCIÓN APARADO (pares)		203	203				304	304	43			203	116		
HORAS DE PRODUCCIÓN APARADO		8,0	8,0				8,0	8,0	1,1			8,0	4,6		
SEMANA 5															
DIAS LABORABLES EN LA SEMANA	4					5					3				
No. CELULAS	2					3					2				
No. TURNOS/DIA	1					1					1				
CAPACIDAD MEDIA PONDERADA (pares)	811					1522					608				
TIEMPO DE FABRICACIÓN TROQUELADO (días)	0,50					0,65					0,54				
TIEMPO DE FABRICACIÓN APARADO (días)	1,60					2,14					0,95				
N° DE DIAS															
DATOS GENERALES	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
DIAS DE PRODUCCIÓN TROQUELADO	0,50					0,65					0,54				
DIAS DE PRODUCCIÓN APARADO	0,50	1,00	0,10				1,00	1,00	0,14			0,95			
PRODUCCIÓN APARADO (pares)	101	203	203				304	304	43			193			
HORAS DE PRODUCCIÓN APARADO	4,0	8,0	0,8				8,0	8,0	1,1			7,6			

4.6.3 Diagrama de Gantt de la Producción Trimestral

En cada diagrama se describen las secuencias del proceso entre los sub ensambles de troquelado y aparado en base a un código de colores donde todos los procesos de color naranja pertenecen al área de troquelado, mientras que aquellos de color verde pertenecen al sector de aparado, este proceso se toma en consideración sobre cada una de las empresas en estudio.

A continuación, se muestran las Fig. de la 18 y 19 en que se describe la secuencia para la elaboración de calzado de cada semana para las Empresas A y B, iniciando en el área de troquelado para cada modelo. En cada figura se observan los turnos asignados (horas por turno) para cada modelo junto con la secuencia que siguen acorde a lo mencionado en las Tablas 72 y 73.

En la Fig. 18 se observa la calendarización del tiempo de producción para el trimestre establecido en la Empresa A, ejemplificando que la primer semana del mes de junio se libera el producto después de 8,2 horas de trabajo, mientras que aparado libera su producto a montaje después de las 9,6 horas de trabajo que toman cumplir con la demanda requerida de la misma forma se analizan los resultados de cada semana y mes.

En la Fig. 19 se describe la calendarización del tiempo de producción para el trimestre establecido en la Empresa B, ejemplificando que la primer semana del mes de junio se libera el producto después de 3,0 horas de trabajo, mientras que aparado libera su producto a montaje después de las 7,6 horas de trabajo que toman cumplir con la demanda requerida de la misma forma se analizan los resultados de cada semana y mes.

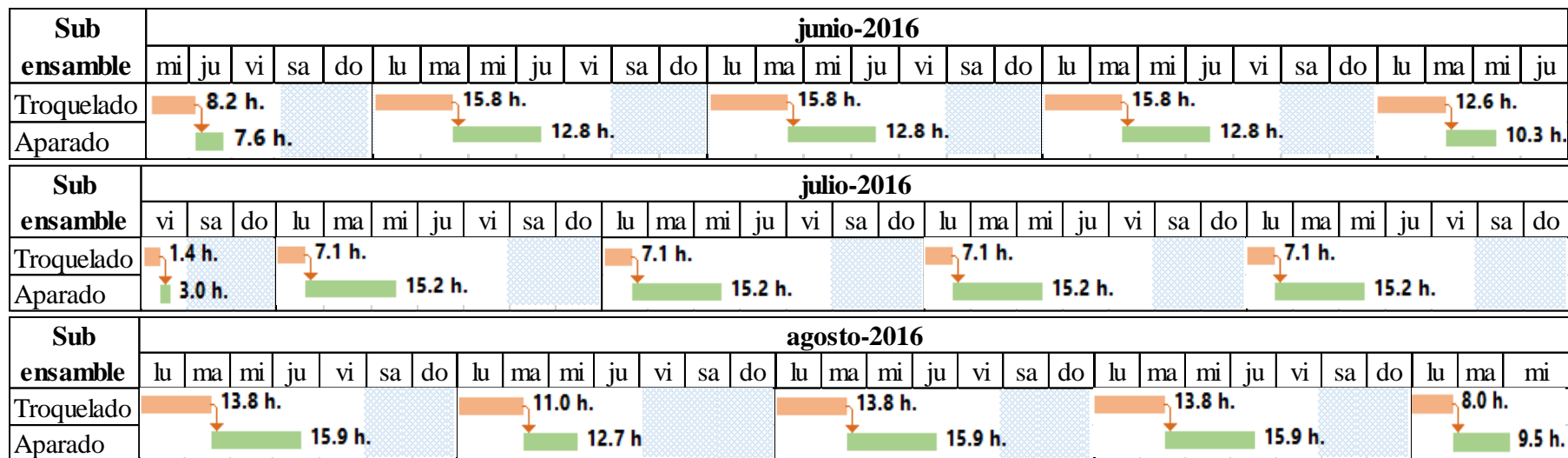


Fig. 18. Cronograma de producción de Junio a Agosto del 2016 – Empresa A

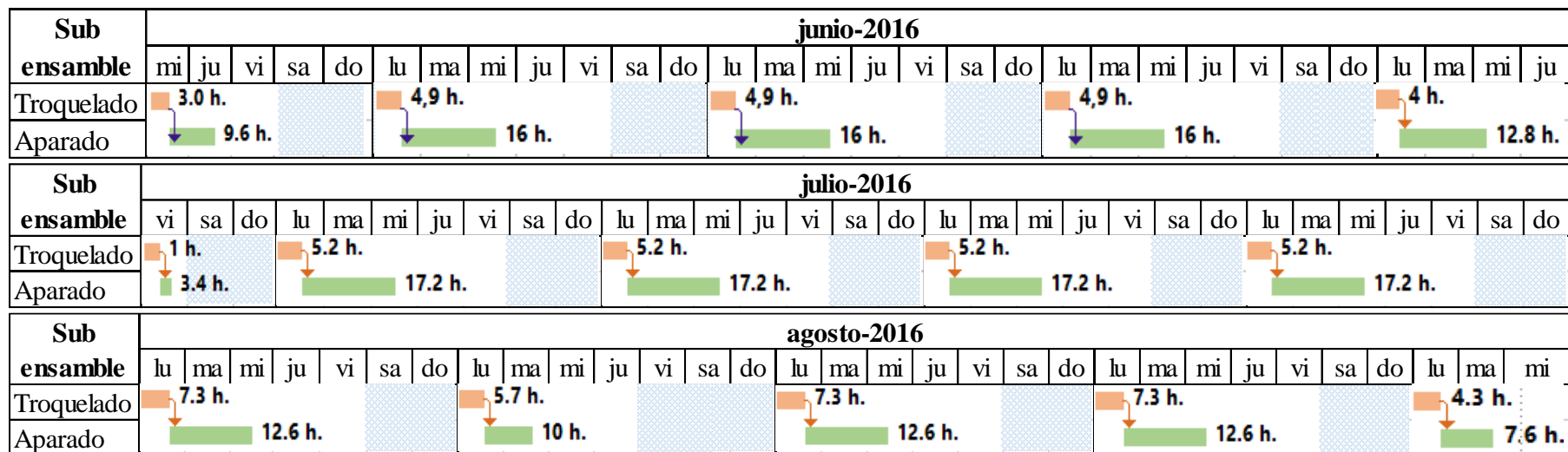


Fig. 19. Cronograma de producción de Junio a Agosto del 2016 – Empresa B

4.6.4 Análisis de Consumos

Una vez que se ha desarrollado la programación de la producción se determinan los requerimientos de materiales para cumplir con cada pedido, de esta forma se pueden efectuar desiciones sobre la adquisición de materiales que falten en inventario, asegurando el continuo abastecimiento de insumos a cada área de la empresa.

Empresa A

En las Tablas 74 y 75 se observan los listados con los materiales requeridos para aparar los cortes correspondientes a los modelos casual de hombre y deportivo de mujer de la Empresa A, definiendo en cada tabla la cantidad de materiales y el costo que representa dicho consumo.

En la Tabla 74 se visualizan la totalidad de los materiales empleados para el modelo casual en el trimestre de Junio a Agosto del 2016, siendo así que en el mes de Junio se genera un costo total de 577,80 dólares, en Julio 497,38 dólares y en Agosto 505.57 satisfaciendo una demanda de 776, 668 y 679 pares de zapatos para cada mes, respectivamente.

En la Tabla 75 se observan los materiales necesarios para el modelo deportivo de mujer en el trimestre de Junio a Agosto del 2016, obteniendo que en el mes de Junio se genera un costo total de 738,79 dólares, en Julio 604,54 dólares y en Agosto 718,45 satisfaciendo una demanda de 908, 743 y 883 pares de zapatos para cada mes, respectivamente.

Tabla 74. Análisis de Consumo de Materiales del trimestre de Junio a Agosto del 2016 - Modelo Casual de Hombre– Empresa A

Empresa: A	Modelo:	Casual hombre		Mes:	Junio		Mes:	Julio		Mes:	Agosto	
Detalle	Cantidad (por par)	Unidad de medida	Costo unitario (\$)	Pares a producir	Consumo total	Costo total (\$)	Pares a producir	Consumo total	Costo total (\$)	Pares a producir	Consumo total	Costo total (\$)
Hilo enkador N. 40 - 400 gr. Beige	2	Gramos	0,03	776	1552	44,54	668	1336	38,34	679	1358	38,97
Hilo coats N. 15 - 250 gr. Beige NY 0448	2	Gramos	0,04	776	1552	65,18	668	1336	56,11	679	1358	57,04
Latex 8 mm. beige	0,02	Metro	10,68	776	15,52	165,75	668	13.36	142,68	679	13.58	145,03
Esponja 1 cm. Verde	0,01	Metro	2,26	776	7,76	17,54	668	6.68	15,10	679	6.79	15,35
Etiqueta transfer cuero-textil-textil-goma termoplastica blanco 40	2	Unidad	0,02	776	1552	31,04	668	1336	26,72	679	1358	27,16
Pegante am-11 amarillo	0,08	Litro	4,09	776	62,08	253,74	668	53.44	218,43	679	54.32	222,02
					Total (\$)	577,80			497,38			505,57

Tabla 75. Análisis de Consumo de Materiales del trimestre de Junio a Agosto del 2016 – Modelo Deportivo de Mujer – Empresa A

Empresa: A	Modelo:	Deportivo mujer		Mes:	Junio		Mes:	Julio		Mes:	Agosto		
Detalle	Cantidad (por par)	Unidad de medida	Costo unitario (\$)	Pares a producir	Consumo total	Costo total (\$)	Pares a producir	Consumo total	Costo total (\$)	Pares a producir	Consumo total	Costo total (\$)	
Etiqueta g mediana gris/fucsia	2	Unidad	0,05	908	1816	90,80	743	1486	74,30	883	1766	88,30	
Etiqueta bordada fitness gris/blanco/fucsia	2	Unidad	0,02	908	1816	36,32	743	1486	29,72	883	1766	35,32	
Esponja 1 cm. verde	0,02	Metro	2,26	908	18,16	41,04	743	14,86	33,58	883	17,66	39,91	
Espuma p.u. 8 mm. Negro	0,021	Metro	8,93	908	19,07	170,28	743	15,603	139,33	883	18,54	165,59	
Hilo enkador N. 40 - 400 gr. Plata	4	Gramos	0,03	908	3632	104,24	743	2972	85,30	883	3532	101,37	
Pegante am-11 negro	0,07	Litro	4,09	908	63,56	259,79	743	52,01	212,58	883	61,81	252,64	
Etiqueta transfer cuero 60 textil 40 - textil 100 - textil - caucho 100 blanco 37	2	Unidad	0,02	908	1816	36,32	743	1486	29,72	883	1766	35,32	
					Total (\$)	738,79				604,54			718,45

EMPRESA B

En la Tabla 76 se visualizan los materiales empleados para el modelo de seguridad industrial en el trimestre de Junio a Agosto del 2016, obteniendo que el primer mes genera un costo total de 424,02 dólares, Julio con 680,22 dólares y Agosto con 332,21 dólares satisfaciendo una demanda de 859, 1378 y 673 pares de zapatos para cada mes, respectivamente.

Tabla 76. Análisis de Consumo de Materiales del trimestre de Junio a Agosto del 2016 – Modelo Seguridad Industrial – Empresa B

Empresa: B	Modelo:	Seguridad Industrial		Mes:	Junio		Mes:	Julio		Mes:	Agosto	
		Unidad de medida	Costo unitario (\$)		Pares a producir	Consumo total		Costo total (\$)	Pares a producir		Consumo total	Costo total (\$)
Ojalillado sport - 8 mm. Negro	2	Unidad	0,01	859	1718	17,18	1378	2756	27,56	673	1346	13,46
Poliexpanded 8 mm.	0,0175	Metro	1,35	859	15.0325	20,29	1378	24.115	32,56	673	11.7775	15,90
Hilo enkador N. 200 - 400 gr. Negro	5	Metro	0,0287	859	4295	123,27	1378	6890	197,74	673	3365	96,58
Hilo enkador N. 40 - 400 gr. Negro	5	Metro	0,0287	859	4295	123,27	1378	6890	197,74	673	3365	96,58
Etiqueta transfer cuero - textil - textil - sintético blanco 40	2	Unidad	0,02	859	1718	34,36	1378	2756	55,12	673	1346	26,92
Pegante pega - mas amarillo	0,075	Litro	1,64	859	64,425	105,66	1378	103.35	169,49	673	50,475	82,78
					Total (\$)	424,02			680,22			332,21

En la Tabla 77 se visualizan los materiales empleados para el modelo de seguridad industrial a inyección en el trimestre de Junio a Agosto del 2016, obteniendo que el primer mes genera un costo total de 565,23 dólares, Julio con 825,63 dólares y Agosto con 445,37 dólares satisfaciendo una demanda de 929, 1357 y 732 pares de zapatos para cada mes, respectivamente.

Tabla 77. Análisis de Consumo de Materiales del trimestre de Junio a Agosto del 2016 – Modelo Seguridad Industrial a Inyección – Empresa B

Empresa: B	Modelo:	Seguridad Industrial a inyeccion		Mes:	Junio		Mes:	Julio		Mes:	Agosto	
Detalle	Cantidad (por par)	Unidad de medida	Costo unitario (\$)	Pares a producir	Consumo total	Costo total (\$)	Pares a producir	Consumo total	Costo total (\$)	Pares a producir	Consumo total	Costo total (\$)
Ojalillado sport - 8 mm. Negro	2	Unidad	0,01	929	1858	18,58	1357	2714	27,14	732	1464	14,64
Poliexpanded 8 mm.	0.0175	Metro	1,35	929	16.2575	21,95	1357	23.7475	32,06	732	12.81	17,29
Hilo enkador N. 200 - 400 gr. Negro	5	Metro	0,0287	929	4645	133,31	1357	6785	194,73	732	3660	105,04
Hilo enkador N. 40 - 400 gr. Negro	5	Metro	0,0287	929	4645	133,31	1357	6785	194,73	732	3660	105,04
Hilo enkador N. 60 - 400 gr. Negro	4	Metro	0,0287	929	3716	106,65	1357	5428	155,78	732	2928	84,03
Etiqueta transfer cuero - textil - textil - sintetico blanco 40	2	Unidad	0,02	929	1858	37,16	1357	2714	54,28	732	1464	29,28
Pegante pega - mas amarillo	0.075	Litro	1,64	929	69,675	114,27	1357	101,775	166,91	732	54.9	90,04
						Total (\$)	565,23			825,63		

4.7 Análisis de Resultados

Una vez que se ha llevado a cabo la integración de la información se procede a evaluar un aspecto fundamental para el desarrollo de la propuesta planteada, siendo éste el desarrollo de indicadores que sustenten la eficiencia del modelo planteado. Mediante el cálculo de indicadores se busca evaluar el aprovechamiento de los recursos al considerar escenarios de producción con las ventas reales de las empresas y las propuestas mediante el pronóstico, con el propósito de que se identifiquen posibles mejoras o retrocesos de la propuesta.

4.7.1 Medición del error del pronóstico

La utilización de pronósticos buscan disminuir el rango de incertidumbre de datos para facilitar la toma de decisiones respecto a costos generales de producción, disponibilidad de insumos, capacidad productiva de la planta, entre otros; de allí, nace la importancia de desarrollar la medición del error del pronóstico definido por los resultados obtenidos al calcular el error porcentual, la desviación media absoluta (MAD) y la señal de seguimiento en base a las ecuaciones 2, 3 y 4, respectivamente.

Empresa A

Mediante el uso de las ecuaciones previamente mencionadas se desarrolla el cálculo del error del pronóstico, ejemplificando cada cálculo con la información correspondiente al mes de Junio se ingresa en la columna “Ventas Actuales” de la Tabla 78 la información correspondiente a las ventas realizadas por la Empresa A, mientras que en la columna “Pronóstico” se citan los valores correspondientes a las proyecciones realizadas.

En base a las variables descritas se obtiene el valor del error absoluto y el error porcentual mediante las ecuaciones 28 y 29, tal como se indica en el ejemplo:

$$\text{Error absoluto Junio} = |\text{Ventas} - \text{Pronóstico}| = |1520 - 1684| = 164 \quad (28)$$

$$\text{Error porcentual} = \frac{\text{Error Absoluto}}{\text{Ventas Actuales}} * 100\% \quad (29)$$

$$\text{Error porcentual Junio} = \frac{\text{Error Absoluto junio}}{\text{Ventas Actuales junio}} * 100\% = \frac{164}{1520} * 100\% = 10.79\%$$

Una vez que se ha aplicado este proceso sobre cada uno de los meses en estudio se genera una sumatoria del error porcentual, el cual se divide para los 6 períodos requeridos y cuyo resultado representa el error medio absoluto (MAPE) para la Empresa A toma un valor de 5,44% (ver Tabla 78), estableciendo a este valor como aceptable para el pronóstico.

Tabla 78. Cálculo del Error Medio Absoluto (MAPE) de Junio a Diciembre del 2016 – Empresa A

n	Mes	Ventas Actuales	Pronóstico	Error Absoluto	Error Porcentual
1	Junio	1520	1684	164	10,79%
2	Julio	1480	1411	69	4,66%
3	Agosto	1606	1562	44	2,74%
4	Septiembre	1420	1436	16	1,13%
5	Octubre	1452	1361	91	6,27%
6	Noviembre	1382	1339	43	3,11%
7	Diciembre	1325	1273	52	3,92%
				Total	32,62%
				n	6
				MAPE	5,44%

Adicionalmente se desarrolla el cálculo de la desviación media absoluta (MAD) y la señal de rastreo (SS) con el propósito de analizar de mejor manera el desempeño del pronóstico; en la Tabla 79 se observan los resultados generados para el MAD y la SS al aplicar las ecuaciones 2 y 4 empleando como primer recurso la sumatoria acumulada del error absoluto de cada mes a partir de la cual se realizan los siguientes cálculos:

$$MAD \text{ Junio} = \frac{\sum \text{Error Absoluto junio}}{n \text{ junio}} = \frac{164}{1} = 164$$

Una vez obtenido el valor mensual del MAD se calcula el error normal mediante la diferencia entre las ventas y el pronóstico considerando como factor fundamental el signo que posea; seguido se realiza la suma acumulada del error normal con el propósito de obtener el valor de la SS con la ecuación 4 como se indica a continuación:

$$SS \text{ Junio} = \frac{\sum \text{Error Normal junio}}{MAD \text{ junio}} = \frac{-164}{164} = -1$$

Tabla 79. Cálculo del MAD y SS de Junio a Diciembre del 2016- Empresa A

n	Mes	Suma acumulada de error absoluto	MAD	Error normal	Suma acumulada error normal	SS
1	Junio	164	164	-164	-164	-1
2	Julio	233	117	69	-95	-0.8
3	Agosto	277	92	44	-51	-0.6
4	Septiembre	293	73	-16	-67	-0.9
5	Octubre	384	77	91	24	0.3
6	Noviembre	427	71	43	67	0.9
7	Diciembre	479	68	52	119	1.7

En la Fig. 20 se observa la dispersión de los datos en base al promedio de los errores pronosticados de la Empresa A obtenidos mediante el MAD del cálculo mostrado en la Tabla 79.

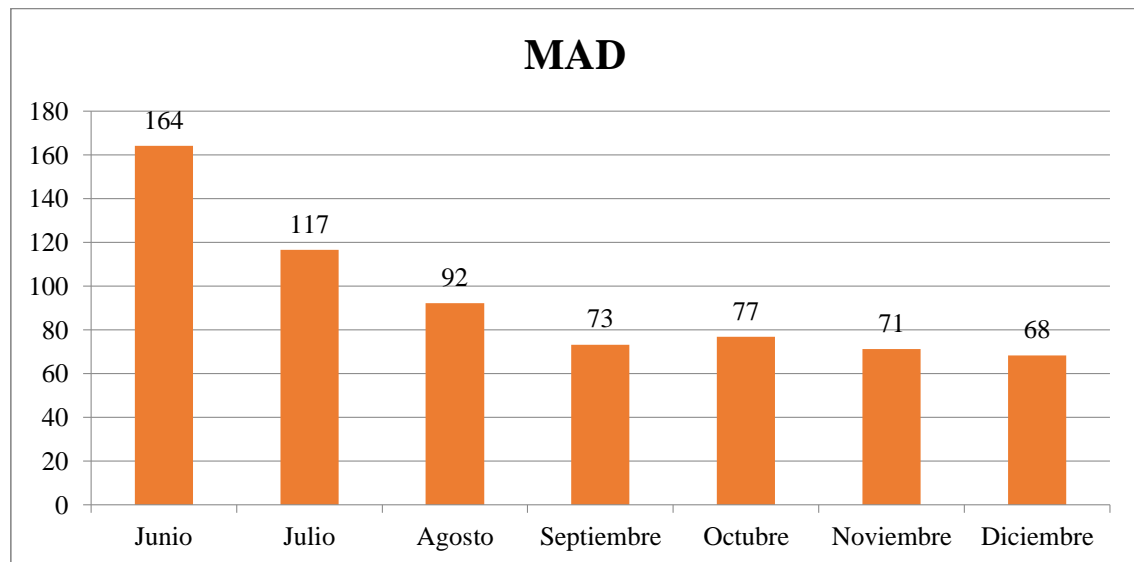


Fig. 20. Desviación Media Absoluta de Junio a Diciembre del 2016- Empresa A

En la Fig. 21 se visualiza la señal de seguimiento en que se indica si el promedio pronosticado genera un cambio hacia arriba o abajo de la demanda, como se nota en la figura se tiene que en los meses de junio a septiembre las ventas realizadas son menores a las proyecciones obtenidas, mientras que en los meses de octubre a diciembre el pronóstico supera a la demanda real de la Empresa A.

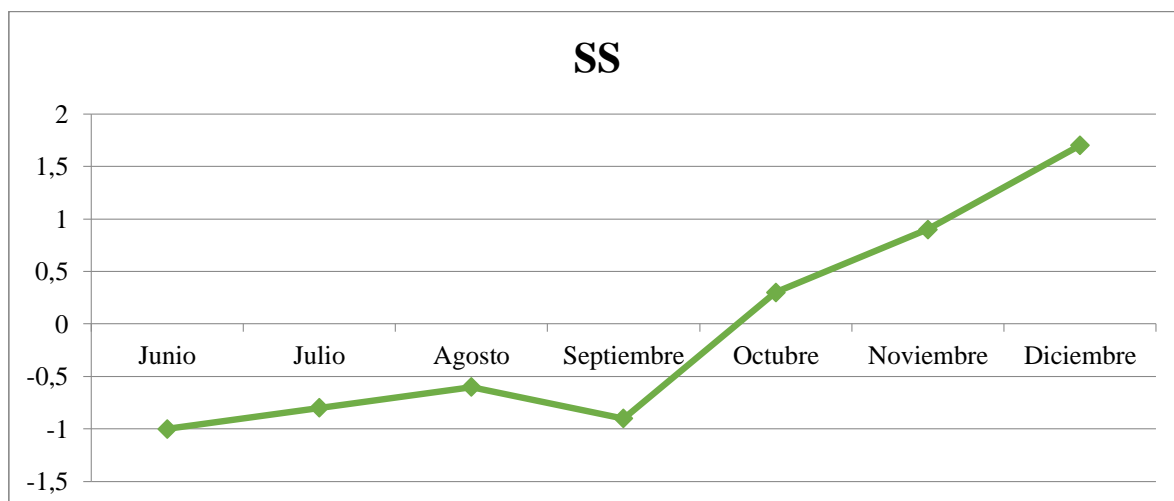


Fig. 21. Señal de seguimiento de Junio a Diciembre del 2016 - Empresa A

Costo del Error Normal en la Empresa A

En base al error hallado previamente se procede a calcular el costo que representan la diferencia producida al comparar el pronóstico y las ventas reales del período de Junio a Diciembre del 2016; se observa en la Tabla 80 que para la Empresa A la aplicación de las proyecciones habrían representado un costo total de 7380,00 dólares al fabricar mayor cantidad de zapatos en los meses de Junio y Septiembre a un precio promedio de \$41,00.

Tabla 80. Costo de Producción Excesiva por Proyecciones - Empresa A

Mes	Pronóstico (pares)	Ventas (pares)	Diferencia (pares)	Costo de producción excesiva (\$)
Junio	1684	1520	164	6724,00
Julio	1411	1480	- 69	0,00
Agosto	1562	1606	- 44	0,00
Septiembre	1436	1420	16	656,00
Octubre	1361	1452	- 91	0,00
Noviembre	1339	1382	- 43	0,00
Diciembre	1273	1325	- 52	0,00
TOTAL				7380,00

Empresa B

Para establecer el porcentaje de error que poseen los datos pronosticados de los modelos de seguridad industrial y seguridad industrial a inyección se procede a desarrollar los mismo cálculos para la obtención del error absoluto y porcentual de cada mes realizados

anteriormente y cuyos resultados se observan en la Tabla 81, estableciendo que el error medio absoluto (MAPE) toma un valor 6,38% para la Empresa B.

Tabla 81. Cálculo del Error Medio Absoluto (MAPE) de Junio a Diciembre del 2016– Empresa B

n	Mes	Ventas Actuales	Pronóstico	Error Absoluto	Error Porcentual
1	Junio	1810	1788	22	1.22%
2	Julio	2521	2735	214	8.49%
3	Agosto	1532	1405	127	8.29%
4	Septiembre	1423	1475	52	3.65%
5	Octubre	1562	1403	159	10.18%
6	Noviembre	1755	1666	89	5.07%
7	Diciembre	1976	2003	27	1.37%
Suma					38.27%
n					6
MAPE					6.38%

Adicionalmente se desarrolla el cálculo de la desviación media absoluta (MAD) y la señal de rastreo (SS) para identificar el desempeño del pronóstico. En la Tabla 82 se observan los resultados generados para el MAD y la SS al aplicar las ecuaciones 2 y 4 empleando como primer recurso la sumatoria acumulada del error absoluto de cada mes.

Una vez obtenido el valor mensual del MAD se calcula el error normal y su suma acumulada con el propósito de obtener el valor de la SS con la ecuación 4.

Tabla 82. Cálculo del MAD y SS de Junio a Diciembre del 2016 - Empresa B

n	Mes	Sumatoria acumulada del error absoluto	MAD	Error normal	Suma acumulada del error normal	SS
1	Junio	22	22	22	22	1
2	Julio	236	118	-214	-192	-1.6
3	Agosto	363	121	127	-65	-0.5
4	Septiembre	415	103.8	-52	-117	-1.1
5	Octubre	574	114.8	159	42	0.4
6	Noviembre	663	110.5	89	131	1.2
7	Diciembre	690	98.6	-27	104	1.1

En la Fig. 22 se observa la dispersión de los datos en base al promedio de los errores pronosticados de la Empresa B obtenidos mediante el MAD del cálculo mostrado en la Tabla 82.

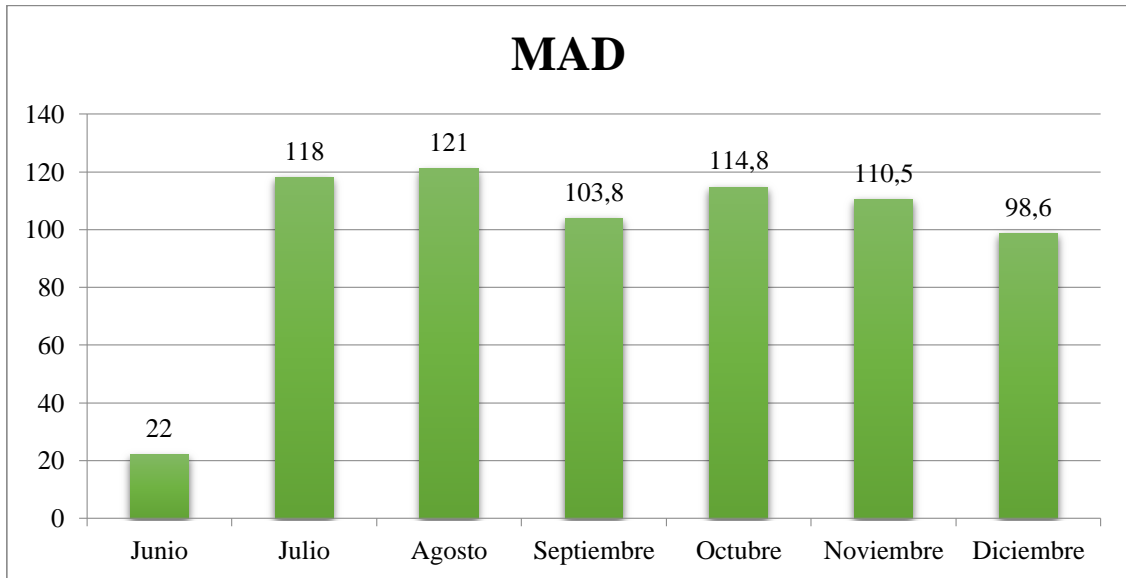


Fig. 22. Desviación Media Absoluta de Junio a Diciembre del 2016 - Empresa B

En la Fig. 23 se visualiza la señal de seguimiento en que se indica si el promedio pronosticado genera un cambio hacia arriba o abajo de la demanda, como se nota en la figura se tiene que en los meses de julio, agosto y septiembre las ventas realizadas son menores a las proyecciones obtenidas, mientras que en los meses de junio, octubre, noviembre y diciembre el pronóstico supera a la demanda real de la Empresa B.

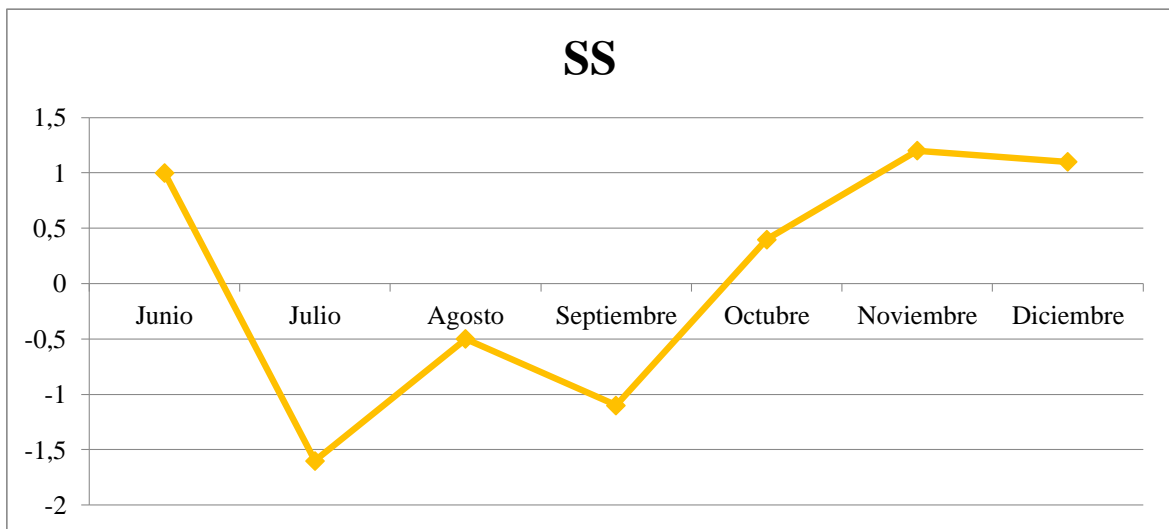


Fig. 23. Señal de seguimiento de Junio a Diciembre del 2016- Empresa B

Costo del Error Normal en la Empresa B

En base al error hallado previamente se procede a calcular el costo que representan la diferencia producida al comparar el pronóstico y las ventas reales del período de Junio a

Diciembre del 2016; se observa en la Tabla 83 que para la Empresa B la aplicación de las proyecciones habrían representado un costo total de 8570,25 dólares al fabricar mayor cantidad de zapatos en los meses de Julio, Septiembre y Diciembre a un precio promedio de \$29,25.

Tabla 83. Costo de Producción Excesiva por Proyecciones - Empresa B

Mes	Pronóstico (pares)	Ventas (pares)	Diferencia (pares)	Costo de producción excesiva (\$)
Junio	1788	1,810	-22	0,00
Julio	2735	2,521	214	6259,50
Agosto	1405	1,532	-127	0,00
Septiembre	1475	1,423	52	1521,00
Octubre	1403	1,562	-159	0,00
Noviembre	1666	1,755	-89	0,00
Diciembre	2003	1,976	27	789,75
TOTAL				8570,25

4.7.2 Cálculo de la Eficiencia de la Producción

A través del cálculo de este indicador se establece el porcentaje de crecimiento y decremento del proceso productivo en base al volumen de fabricación por turno, con el propósito de que se pueden analizar posibles mejoras en el proceso de fabricación que incrementen la capacidad instalada.

Empresa A

En la Tabla 84 se describe el cálculo de la eficiencia mensual empleando la ecuación 30, para lo cual se requiere el valor correspondiente a la capacidad de producción que cada célula de trabajo posee en base a la observación de los procesos en la empresa y el calculado en base al estudio de tiempos presentado. Cada valor de capacidad de multiplica por el número de días con el fin de obtener el valor de la capacidad de producción mensual.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Capacidad mensual programada}}{\text{Capacidad mensual utilizada}} * 100\% = \frac{1298}{1100} * 100\% = 118\% \quad (30)$$

Tabla 84. Cálculo de eficiencia del modelo propuesto en la Empresa A de Junio a Diciembre del 2016

Mes	Días al mes	Cp utilizada por célula (pares/turno)	Cp programada por célula (pares/turno)	Cp mensual utilizada (pares)	Cp mensual programada (pares)	Incremento de Eficiencia (%)
Junio	22	53	59	1166	1298	11%
Julio	21	55	59	1155	1239	7%
Agosto	22	51	59	1122	1298	16%
Septiem.	22	56	59	1232	1298	5%
Octubre	21	52	59	1092	1239	13%
Noviem.	19	53	59	1007	1121	11%
Diciem.	22	55	59	1210	1298	7%

En base a los valores mostrados en la Tabla 84 y las variaciones que se pueden apreciar en la Fig. 24 se establece que la Empresa A incrementa entre el 5 y 16% de eficiencia en la elaboración de los modelos casual y deportivo en cada mes.

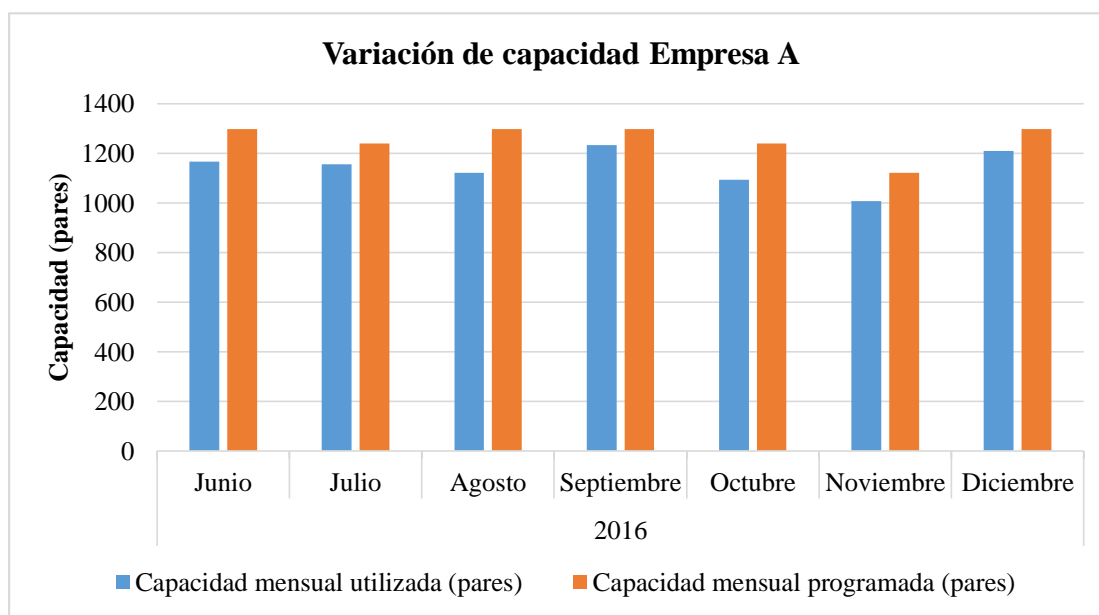


Fig. 24. Variación de capacidad mensual de producción utilizada y programada en la Empresa A de Junio a Diciembre del 2016

Empresa B

En lo que respecta a la Empresa B se considera el mismo procedimiento para el cálculo del porcentaje de eficiencia, considerando la capacidad de producción utilizada y la propuesta por el modelo planteado. En base a ello, se visualiza en la Tabla 85 y la Fig. 25 el porcentaje de aprovechamiento que la propuesta planteada representa para el área de aparato, describiendo un incremento del 5% al 10% respecto a la situación actual.

Tabla 85. Cálculo de eficiencia del modelo propuesto en la Empresa B de Junio a Diciembre del 2016

Mes	Días al mes	Cp actual por célula (pares)	Cp programada por célula (pares)	Cp mensual actual (pares)	Cpmensual programada (pares)	Incremento de Eficiencia (%)
Junio	22	94,00	101,00	2068,00	2222,00	7%
Julio	21	92,00	101,00	1932,00	2121,00	10%
Agosto	22	95,00	101,00	2090,00	2222,00	6%
Septiembre	22	93,00	101,00	2046,00	2222,00	9%
Octubre	21	94,00	101,00	1974,00	2121,00	7%
Noviembre	19	96,00	101,00	1824,00	1919,00	5%
Diciembre	22	92,00	101,00	2024,00	2222,00	10%

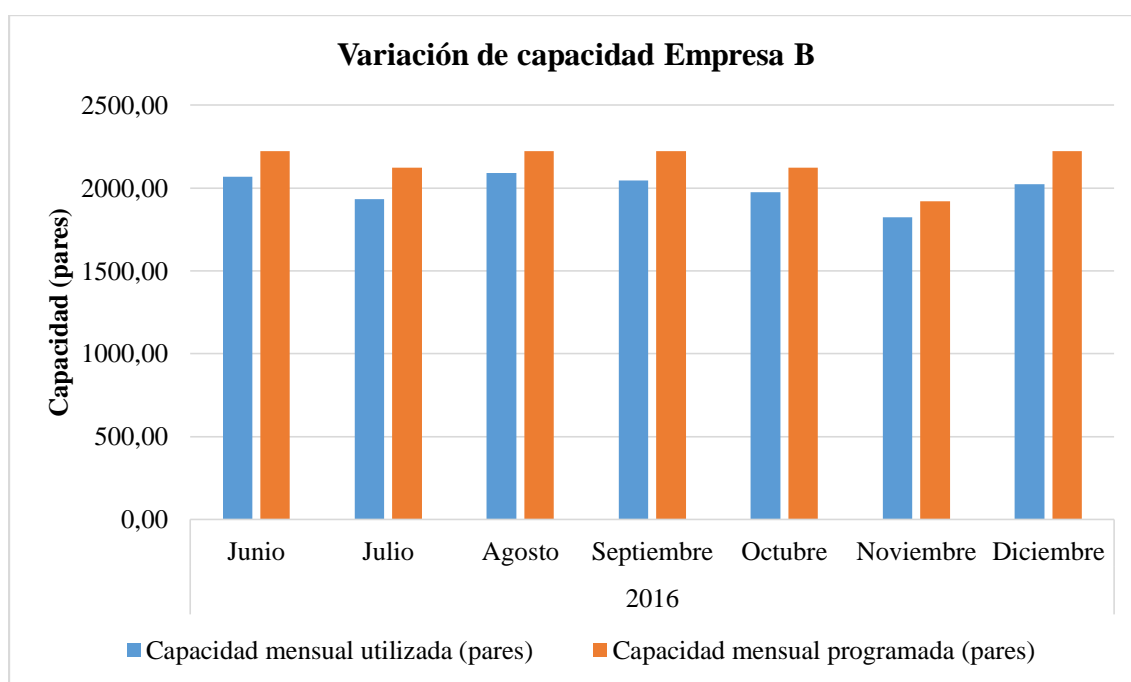


Fig. 25. Variación de capacidad mensual de producción utilizada y programada en la Empresa A

4.7.3 Cálculo de la Productividad Laboral

La productividad se representa por una serie de indicadores que permiten definir el aprovechamiento de los recursos que generan el producto terminado, pues se realiza una comparación del desarrollo de la empresa que le permite definir el incremento en utilidades de ésta o el costo de producción del sub ensamble. Uno de los índices más importantes relaciona las cantidades producidas con las horas-célula empleadas en el área de aparato.

Para desarrollar este indicador se inicia un proceso de experimentación en el modelo de planificación y programación de la producción planteado en el que se ingresa la información referente a las cantidades reales producidas en las empresas participantes de manera que se comparen y analicen los recursos que la propuesta recomienda con lo que la empresa ha utilizado en el período definido.

Empresa A

En la Tabla 86 y la Fig. 26 se observa el cálculo de la productividad correspondiente a las ventas reales registradas de los modelos casual y deportivo en el período de Junio a Diciembre del 2016 para la Empresa A. Adicionalmente se establece la cantidad real de células de manufactura empleadas por la organización para satisfacer las demandas descritas de manera que se calcule el valor correspondiente a la productividad laboral mediante la ecuación 31.

$$\text{Productividad real} = \frac{\text{Producción obtenida}}{\text{No. células} * \frac{\text{No.horas}}{\text{célula}}} \quad (31)$$

$$\text{Productividad real actual de junio} = \frac{1520 \text{ pares}}{4 \text{ células} * \frac{8 \text{ horas}}{\text{célula}}} = 47,50 \text{ pares/hora}$$

En base a los resultados reales de la empresa y los valores propuestos por el modelo se genera una comparación de los datos para obtener las variaciones en la productividad de los dos escenarios con el propósito de determinar cuál de ellos posee mayores ventajas para la empresa.

Tabla 86. Cálculo de productividad laboral de aparato actual y propuesta de Junio a Diciembre del 2016 en la Empresa A

Mes	Horas de trabajo por turno	Recursos y Resultados Reales de la Empresa A			Recursos y Resultados Propuestos por el Modelo		Variación de productividad (pares/hora)
		Ventas es (pares)	No. de células	Productividad laboral (pares/hora)	No. de células propuestas	Productividad laboral propuesta (pares/hora)	
Junio	8	1520	4	47,50	4	47,50	0%
Julio	8	1480	4	46,25	3	61,67	33%
Agosto	8	1606	4	50,19	3	66,92	33%
Septiem.	8	1420	3	59,17	3	59,17	0%
Octubre	8	1452	3	60,50	2	90,75	50%
Noviem.	8	1382	3	57,58	3	57,58	0%
Diciem.	8	1325	3	55,21	2	82,81	50%

Como se puede observar en la Tabla 86 y en la Fig. 26 el modelo de planificación y programación de la producción propuesto para el área de aparato refleja un mayor aprovechamiento de los recursos humanos ya que se sugiere menor cantidad de células de trabajo para satisfacer la demanda de los modelos casual y deportivo, considerando que con estas cantidades el tiempo de producción no sobrepasa los dos días de trabajo; sin embargo si el usuario requiere cumplir los pedidos receptados en menor tiempo puede asignar libremente mayor cantidad de células del total que posee.

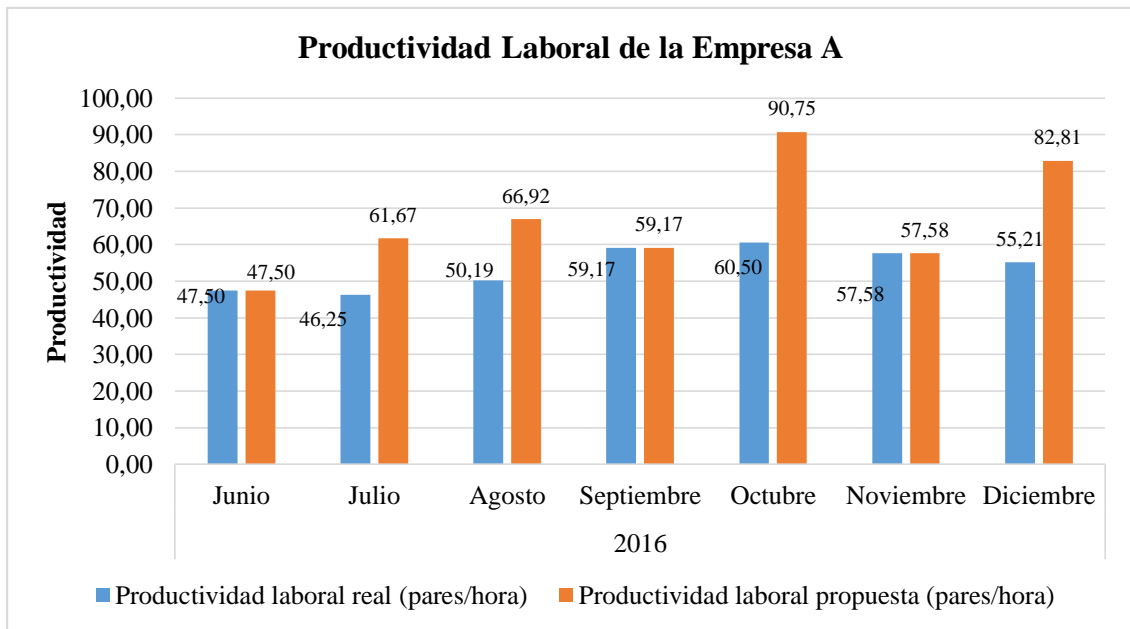


Fig. 26. Variación de productividad real y propuesta de Junio a Diciembre del 2016 en la Empresa A

Empresa B

En la Tabla 87 y la Fig. 27 se observa el cálculo de la productividad correspondiente a las ventas reales registradas de los modelos de seguridad industrial y seguridad industrial a inyección en el período de Junio a Diciembre del 2016 para la Empresa B. Adicionalmente se establece la cantidad real de células de manufactura empleadas por la organización para satisfacer las demandas descritas de manera que se calcule el valor correspondiente a la productividad laboral mediante la ecuación 31.

En base a los resultados reales de la empresa y los valores propuestos por el modelo se genera una comparación de los datos para obtener las variaciones en la productividad de los dos escenarios con el propósito de determinar cuál de ellos posee mayores ventajas para la empresa.

Tabla 87. Cálculo de productividad laboral de aparato actual y propuesta de Junio a Diciembre del 2016 en la Empresa B

Mes	Horas de trabajo por turno	Recursos y Resultados Reales de la Empresa B			Recursos y Resultados Propuestos por el Modelo		Variación de productividad (pares/hora)
		Ventas (pares)	No. de células	Productividad laboral (pares/hora)	No. de células propuestas	Productividad laboral propuesta (pares/hora)	
Junio	8	1.810	3	603,33	2	905,00	50%
Julio	8	2.521	4	630,25	3	840,33	33%
Agosto	8	1.532	3	510,67	2	766,00	50%
Septiem.	8	1.423	3	474,33	2	711,50	50%
Octubre	8	1.562	3	520,67	2	781,00	50%
Noviem.	8	1.755	3	585,00	2	877,50	50%
Diciem.	8	1.976	3	658,67	2	988,00	50%

Como se puede observar en la Tabla 87 y en la Fig. 27 el modelo de planificación y programación de la producción propuesto para el área de aparato refleja un mayor aprovechamiento de los recursos humanos ya que se sugiere menor cantidad de células de trabajo para satisfacer la demanda de los modelos de seguridad industrial y seguridad industrial a inyección, considerando que con estas cantidades el tiempo de producción no sobre pasa los dos días y medio de trabajo; sin embargo si el usuario requiere cumplir los pedidos receptados en menor tiempo puede asignar libremente mayor cantidad de células del total que posee.

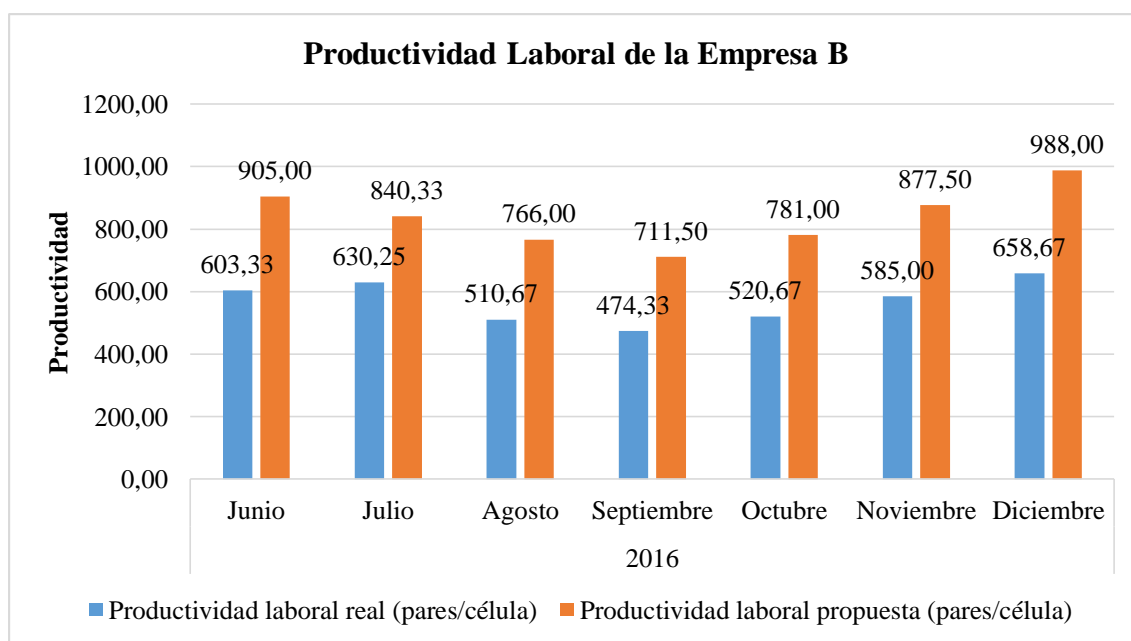


Fig. 27. Variación de productividad real y propuesta de Junio a Diciembre del 2016 en la Empresa B

4.7.4 Cálculo de los Costos por el Tiempo Total de Horas Trabajadas al Mes por Empresa

Una vez que se ha determinado la capacidad actual y teórica de producción de cada célula se procede a determinar la cantidad de horas empleadas para producir la totalidad de la demanda solicitada de los modelos casual y deportivo en cada mes, es decir que se comparan los tiempos de fabricación reales de la empresa con los valores generados por el modelo propuesto, con dicha información se procede a calcular el costo de las horas trabajadas por cada célula en cada período considerando la cantidad de trabajadores que conforma a las células siendo un total de 4 colaboradores para la Empresa A. En base a los datos de la Tabla 88 se establece que la Empresa A podría haber generado un ahorro total de 379,87 dólares en el período de Junio a Diciembre del 2016 siempre y cuando hubiese adoptado las recomendaciones de los recursos que el modelo brinda.

Tabla 88. Cálculo de Costos del Tiempo de Fabricación en Aparado – Recursos Actuales y Propuestos de Junio a Diciembre del 2016 en la Empresa A

			Recursos y Resultados Reales de la Empresa A			Recursos y Resultados Propuestos por el Modelo			Ahorro (\$)
Costo HN = \$1,53			Trabajadores reales por célula = 4			Trabajadores propuestos por célula=4			
Mes	Horas de trabajo por turno	Ventas reales (pares)	Células reales	Tiempo actual (horas)	Costo real de producción (\$)	Células propuestas	Tiempo propuesto (horas)	Costo propuesto de producción (\$)	
Junio	8	1520	4	55,30	1353,74	4	51,15	1252,15	101,59
Julio	8	1480	4	51,20	1253,38	3	66,48	1220,57	32,80
Agosto	8	1606	4	56,70	1388,02	3	72,16	1324,86	63,16
Septiembre	8	1420	3	66,50	1220,94	3	63,73	1170,08	50,86
Octubre	8	1452	3	68,40	1255,82	2	97,90	1198,30	57,53
Noviembre	8	1382	3	63,70	1169,53	3	62,24	1142,73	26,81
Diciembre	8	1325	3	62,40	1145,66	2	89,75	1098,54	47,12
								Total	379,87

Para la obtención de los costos de los tiempos de fabricación reales de la empresa y los valores generados por el modelo propuesto se considera una cantidad de trabajadores que conforma a las células siendo un total de 5 colaboradores para la Empresa B. En base a los datos de la Tabla 89 se establece que la Empresa B podría tener un ahorro total de 1881,04 dólares en el período de Junio a Diciembre del 2016 siempre y cuando adopte las recomendaciones de los recursos que el modelo propuesto brinda.

Tabla 89. Cálculo de Costos del Tiempo de Fabricación en Aparado – Recursos Actuales y Propuestos de Junio a Diciembre del 2016 en la Empresa B

			Recursos y Resultados Reales de la Empresa B			Recursos y Resultados Propuestos por el Modelo			Ahorro (\$)
Costo HN = \$1,53			Trabajadores reales por célula = 4			Trabajadores propuestos por célula=4			
Mes	Horas de trabajo por turno	Ventas reales (pares)	Células reales	Tiempo actual (horas)	Costo real de producción (\$)	Células propuestas	Tiempo propuesto (horas)	Costo propuesto de producción (\$)	
Junio	8	1.810	3	50,70	1163,57	2	71,52	875,40	288,16
Julio	8	2.521	4	52,40	1603,44	3	66,23	1215,98	387,46
Agosto	8	1.532	3	41,30	947,84	2	60,43	739,66	208,17
Septiembre	8	1.423	3	39,00	895,05	2	56,31	689,23	205,82
Octubre	8	1.562	3	43,70	1002,92	2	61,73	755,58	247,34
Noviembre	8	1.755	3	48,00	1101,60	2	69,38	849,21	252,39
Diciembre	8	1.976	3	54,30	1246,19	2	77,98	954,48	291,71
								Total	1881,04

4.7.5 Eficacia del modelo propuesto

Como un método para evidenciar el adecuado funcionamiento del modelo desarrollado se ingresan los parámetros con que laboran las empresas en estudio de los pedidos receptados en el período de Junio a Diciembre del 2016 de manera que se obtenga un porcentaje de variación al comparar el tiempo real de fabricación con el propuesto por el modelo en cada mes.

En la Tabla 90 se observa que en la Empresa A el tiempo generado por el modelo es menor en un 2,7% al 5,2% respecto del tiempo real de fabricación, esto se debe a la falta de control sobre el personal y factores externos, como daño en equipos o ausencia de personal, que afectan el desarrollo normal de las actividades en la organización.

Tabla 90. Eficacia del Modelo en la Empresa A

Año	Mes	Horas de trabajo por turno	Ventas actuales (pares)	Tiempo real (horas)	Tiempo propuesto (horas)	Diferencia (horas)	Variación (%)
2016	Junio	8	1520	55,30	53,8	1,54	2,8%
	Julio	8	1480	51,20	49,7	1,52	3,0%
	Agosto	8	1606	56,70	53,8	2,94	5,2%
	Septiembre	8	1420	66,50	63,4	3,06	4,6%
	Octubre	8	1452	68,40	65,0	3,44	5,0%
	Noviembre	8	1382	63,70	62,0	1,7	2,7%
	Diciembre	8	1325	62,40	59,6	2,8	4,5%

En la Tabla 91 se observa que en la Empresa B el tiempo generado por el modelo es menor en un 2,4% al 6,0% respecto del tiempo real de fabricación, esto se debe a conflictos similares en el control del recurso humano.

Tabla 91. Eficacia del Modelo en la Empresa B

Año	Mes	Horas de trabajo por turno	Ventas actuales (pares)	Tiempo real (horas)	Tiempo propuesto (horas)	Diferencia (pares)	Variación (%)
2016	Junio	8	1.810	50,70	47,7	3,02	6,0%
	Julio	8	2.521	52,40	49,7	2,72	5,2%
	Agosto	8	1.532	41,30	40,3	0,98	2,4%
	Septiembre	8	1.423	39,00	37,5	1,48	3,8%
	Octubre	8	1.562	43,70	41,1	2,58	5,9%
	Noviembre	8	1.755	48,00	46,2	1,76	3,7%
	Diciembre	8	1.976	54,30	52,0	2,3	4,2%

En base a los datos descritos se puede establecer que el modelo desarrollado genera resultados reales, es decir que si una organización opta por aplicar el modelo presentado puede presentar los beneficios mostrados en cuanto a eficiencia y productividad del proceso productivo.

4.8 Integración al Proyecto Propuesto por la FISEI

Posterior a la integración de los programas de planificación de la producción de los sub ensambles de montaje, aparado y troquelado se comparte la información con el departamento de investigación de la FISEI, de manera que se realicen pruebas en el software en desarrollo en base a la información brindada, evaluando el funcionamiento e identificando posibles fallas en el mismo.

En la Fig. 28 se observa el proceso para el ingreso de la orden de producción en la que se consideran aspectos como tallas, modelos y cantidad a producir. Con el fin de comparar se ingresa en el sistema las cantidades correspondientes a la semana 2 del mes de diciembre empleada a lo largo del presente documento. En este punto no se realiza ningún procesamiento de información por lo que no requiere ningún tipo de comparativa de los datos propuestos.

Detalle Orden		
Modelo	Talla	Cantidad
CASUAL HOMBRE	37	1
CASUAL HOMBRE	38	2
CASUAL HOMBRE	39	4
CASUAL HOMBRE	40	5
CASUAL HOMBRE	41	2
CASUAL HOMBRE	42	1
DEPORTIVO MUJER	35	6
DEPORTIVO MUJER	36	14
DEPORTIVO MUJER	37	12
DEPORTIVO MUJER	38	7
DEPORTIVO MUJER	39	6
DEPORTIVO MUJER	40	4
SEGURIDAD INDUSTRIAL	37	7
SEGURIDAD INDUSTRIAL	38	26
SEGURIDAD INDUSTRIAL	39	22
SEGURIDAD INDUSTRIAL	40	34
SEGURIDAD INDUSTRIAL	41	14
SEGURIDAD INDUSTRIAL	42	22
SEGURIDAD INDUSTRIAL	43	3
Total:		192

Fig. 28. Ingreso de la orden de producción [24]

En la Fig. 29 se visualizan los valores correspondientes a la capacidad ponderada de producción, que varía en función de los cambios de la demanda y turnos requeridos de producción. Para obtener su valor el sistema de planificación y programación de la producción aplica internamente el cálculo de la capacidad en función de los procesos y tiempos que se ingresan en la parametrización de cada sub ensamble, además se programa una función similar a la herramienta “Buscar objetivo” que relaciona la cantidad de turnos con la capacidad ponderada.

En base a lo expuesto se genera una comparación entre los datos obtenidos en la Tabla 66 y la Fig. 29, estableciendo que se genera el mismo valor de la capacidad real ponderada del sistema con la calculada con el modelo propuesto; ya que el sistema de planificación y programación genera el valor de la capacidad correspondiente a una sola célula de trabajo, mientras que el modelo planteado describe el valor total de las 2 células requeridas para este ejemplo.

Detalle Parametrizacion				
Proceso	Responsable	StandarConv	StandarAutomatico	StandarManual
MONTAJE	ADMIN	838	0	0

Fig. 29. Capacidad real ponderada de producción [24]

Una vez que se han definido las capacidades de producción se genera un calendario de producción para cada sub ensamble, tomando en cuenta que troquelado inicia sus actividades desde el primer día de la semana a analizar.

Para el proceso de comparación de esta actividad se recurre a la Fig. 30 y a la información presentada a través de la Fig. 18 correspondiente al diagrama de Gantt del mes de Diciembre, que como se puede observar guardan una estrecha similitud entre sí, lo que define que el sistema propuesto y el elaborado por el departamento de investigaciones de la FISEI son capaces de generar los mismos beneficios para las empresas productoras de calzado.

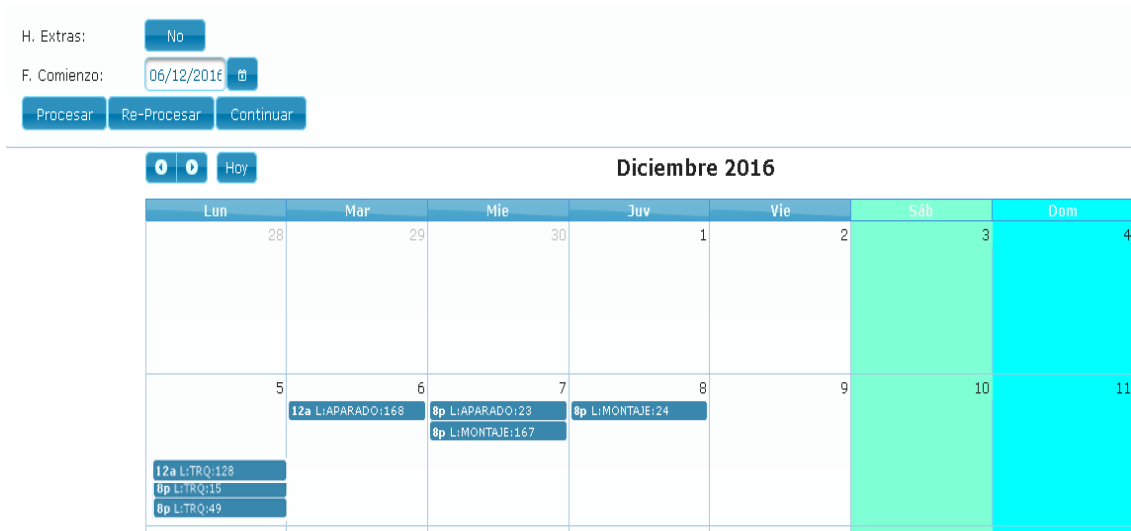


Fig. 30. Cronograma de actividades [24]

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Para poder determinar los modelos de calzado a estudiar de cada empresa se requiere elaborar un Gráfico ABC ya que esta herramienta identifica los productos con mayor valor para la organización, siendo así que en la Empresa A el modelo deportivo representa un 11,22% de consumo, mientras que el de tipo casual representa el 9,30%; mientras que para la Empresa B el modelo de seguridad industrial posee el 13,69% de consumo y el de seguridad industrial a inyección representa el 9,68%, convirtiéndolos en los dos modelos más vendidos de cada organización.
- Para desarrollar un pronóstico con un porcentaje de error reducido es importante analizar el tipo de variables que se desea proyectar, siendo así que para los casos presentados se requiere aplicar un pronóstico estacional que en base a la medición del error se calcula un MAPE de 5,44% y de 6,38% para las Empresas A y B, respectivamente; además de que la señal de seguimiento en los dos casos se mantiene en valores menores a los (+4;-4) MAD por lo que se considera un pronóstico con una desviación aceptable a las condiciones del mercado, considerando que en ciertos meses las proyecciones superan a la demanda real mientras que en otros meses son menores.
- Parte de la investigación se enfoca en sugerir un balance para las células de manufactura en base al porcentaje de utilización de cada puesto de trabajo, ya que se inicia una programación de producción en función del proceso restringido creando un flujo continuo en la línea de producción con un tiempo reducido de ocio al aprovechar de mejor manera el recurso humano, siendo así que cada

célula de trabajo para los modelos de las empresas en estudio requiere un total de 4 trabajadores.

- Mediante el desarrollo de la investigación se ha determinado que el mejor plan agregado para el área de aparato en las dos empresas analizadas es el de mano de obra constante y tiempo extra ya que genera una menor inversión y se adapta sin inconvenientes a las diversas condiciones del sub ensamble, hecho que evita una disminución de la producción al no considerar cambios constantes de personal por despidos y contrataciones periódicas.
- Mediante la experimentación del modelo propuesto con información de las entidades participantes se ha desarrollado uno de los indicadores más importantes ya que presenta las mejoras del modelo en el sub ensamble de aparato; siendo esta la eficiencia del modelo obtenido al comparar la capacidad real de las empresas con la capacidad calculada en base al estudio de tiempo que genera un incremento del 7% al 16% y del 5% al 10% de eficiencia en las Empresas A y B, respectivamente.
- Adicionalmente se analiza un segundo indicador que se enfoca en la productividad laboral al relacionar las ventas reales de Junio a Diciembre del 2016 con la cantidad de células que se emplearon para satisfacer la demanda y con las células que se deberían utilizar de acuerdo al modelo propuesto, generando un incremento de la productividad con este último que varía entre el 33% y 50% para las dos empresas. Finalmente se calcula el costo que toma el tiempo de fabricación de los pedidos mensuales relacionando el número de células de manufactura y la cantidad de colaboradores de cada una, obteniendo que en la Empresa A se genera un ahorro de 379,87 dólares mientras que la Empresa B disminuye 1881,04 dólares en dicho período.
- El modelo de planificación propuesto se considera una guía para la toma de decisiones sobre el uso de los recursos de las empresas, ya que para que las organizaciones aumenten su eficiencia, productividad y reduzcan costos de operación se requiere adoptar las condiciones de trabajo que el modelo planteado brinda, caso contrario las empresas productoras de calzado se seguirán viendo afectadas por problemas en el control del personal y el desaprovechamiento de la capacidad productiva de las plantas.

5.2 Recomendaciones

- Para dar seguimiento a la investigación planteada se pueden desarrollar trabajos sobre la secuenciación diaria de productos que evite la aparición de tiempos improductivos y desperdicio de recursos humanos y materiales, al determinar las restricciones físicas del proceso.
- Las empresas productoras de calzado pueden hacer uso de un sistema de planificación y programación de la producción que considere todos los parámetros que involucra la fabricación de calzado, de manera que guíe a la empresa a la coordinación de actividades y fechas de liberación de productos en cada sub ensamble.
- Se puede emplear el modelo propuesto como una base para generar sistemas más complejos y económicos para las industrias manufactureras al emplear los solver que el software Excel brinda al usuario.
- Para reducir el error de las variaciones en cuanto a la capacidad diaria de producción se requiere desarrollar un estudio de tiempos por cada modelo existente en las empresas de manera que se pueda obtener cantidades con menor incertidumbre.
- Para poder comparar un resultado de error con el sistema se requiere que las empresas adopten las condiciones en cuanto a recursos que el modelo desarrollado proporciona de manera que se comparen los valores teóricos de indicadores y capacidades con los que se obtienen en la realidad de la empresa.
- Se puede generar un MRP como complemento al modelo ya que un análisis general de consumos y costos no brinda los mismo beneficios a las empresas y sus respectivas bodegas en cuanto a la satisfacción de requerimientos de materiales.
- Las empresas podrían analizar sus células de manufactura de manera que lse reduzcan los tiempos de ocio al balancear el flujo del material en la línea de producción.
- Se requiere desarrollar un pronóstico que genere un grado reducido de error y que se adapte a las condiciones de la industrial productora de calzado dadas las múltiples variaciones de las ventas que se registran.

BIBLIOGRAFÍA:

- [1] J. C. López Vargas y J. A. Arango Marín, «Metodología de programación de producción en un flow shop híbrido flexible con el uso de algoritmos genéticos para reducir el makespan : aplicación en la industria textil,» Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de Colombia, Manizales, 2013.
- [2] Revista de Calzado, «La Industria de Calzado en Latinoamérica,» Revista de Calzado, 3 Diciembre 2013. [En línea]. Available: <http://revistadelcalzado.com/la-industria-del-calzado-en-latinoamerica/>. [Último acceso: 02 Marzo 2016].
- [3] Federación Argentina de la Industria de Calzado y Afines, «China Desequilibró la Producción Mundial de Calzado, Concentrando el 60% del Total,» 30 Agosto 2013. [En línea]. Available: https://www.unido.org/fileadmin/user_media/unido.org_Spanish/Regional_Office_Uruguay/Argentina/foro_calzado/Panel_IV_-_Sergio_Miranda_Da_Cruz_-_ONUDI.pdf. [Último acceso: 02 Marzo 2016].
- [4] EL CUIDADANO, «Ciudad del Calzado en Ambato fortalecerá el empleo, comercio y turismo,» 23 Julio 2015. [En línea]. Available: <http://www.elciudadano.gob.ec/ciudad-del-calzado-en-ambato-fortalecera-el-empleo-comercio-y-turismo/>. [Último acceso: 02 Marzo 2016].
- [5] Ministerio de Industrias y Productividad, «“FICCE 2015”, oportunidad para conocer a la industria del calzado ecuatoriano con calidad.,» 29 Junio 2013. [En línea]. Available: <http://www.industrias.gob.ec/bp131-ficce-2015-oportunidad-para-conocer-a-la-industria-del-calzado-ecuatoriano-con-calidad/>. [Último acceso: 02 Marzo 2016].
- [6] D. Cáceres Cárdenas, J. Reyes Vásquez, M. García Criollo y C. Sánchez Rosero, «Modelo de Programación Lineal para Planeación de Requerimiento de Materiales,» *Revista Tecnológica ESPOL*, vol. 28, n° 2, pp. 24-33, 2015.
- [7] S. Velásquez Restrepo y J. Castro Corrales, «Identificación de factores de éxito para el sector cuero, calzado y marroquinería en Colombia usando la metodología Delphi: análisis estructural y juego de actores,» *Informador Técnico*, vol. 77, n° 2, pp. 136-146, 2013.
- [8] E. Gutiérrez Franco, H. Fuquen González y D. Abril Hernández, «Planificación Integrada de Producción y Distribución para el Conglomerado Industrial,» *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, n° 53, pp. 88-105, 2010.
- [9] J. Reyes Vásquez y C. Molina Velis, «Plan Agregado de Producción Mediante el Uso de un Algoritmo de Programación Lineal: Un caso de Estudio para la Pequeña Industria,» *Revista Politécnica*, vol. 34, n° 1, pp. 1-7, 2014.
- [10] O. Chacón Mondragón, I. Ibarra Rojas, Y. Ríos Solís y M. Saucedo Espinosa, «Programación pieza-molde-máquina en planeación de la producción,» *CIENCIA UANL*,

- n° 58, p. 59, 2012.
- [11] J. Reyes, K. Alvarez y R. Vásquez, «Dynamic Buffer Management for Raw Material Supply in the Footwear Industry,» *Journal of Industrial and Intelligent Information*, vol. 4, n° 1, pp. 1-8, 2016.
- [12] R. Romero Romero, M. Poblete Grandón y F. Baesler Abufarde, «Modelo de Programación de la Producción para la Industria del Aserrío,» *Revista Ingeniería Industrial*, vol. 3, n° 1, pp. 19-23, 2004.
- [13] V. Ortiz Triana, «Plan Óptimo de Producción en una Planta Embotelladora de Gaseosas,» *Revista Ingeniería Industrial*, vol. 11, n° 1, pp. 69-82, 2012.
- [14] J. Reyes Vásquez, D. Aldás Salazar, M. García Criollo y L. Morales Perrazo, «Evaluación de la Capacidad para Montaje en la Industria Manufacturera de Calzado,» *Ingeniería Industrial*, vol. 37, n° 1, pp. 14-23, 2015.
- [15] Instituto de Biomecánica de Valencia, «Estudio Ergonómico en Puestos de Trabajo del Sector de Calzado,» *Estudio de los Puestos de Trabajo*, pp. 26-27, 2013.
- [16] D. Sipper y R. Bulfin, *Planeación y Control de la Producción*, México: Mc Graw Hill, 1998.
- [17] N. Gaither y G. Frazier, *Administración de Producción y Operaciones*, México: International Thomson Editores, 2000.
- [18] B. Niebel W. y A. Freivalds, *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*, México: Mc.GRAW-HILL /INTERAMERICANA EDITORES, 2009.
- [19] R. Chase y R. Jacobs, *Administración de Operaciones*, México: Mc Graw Hill, 2014.
- [20] L. J. Krajewski, L. P. Ritzman y M. K. Malhotra, *Administración de Operaciones*, México: Pearson Educación, 2008.
- [21] M. d. Trabajo, *Código del Trabajo*, 2005.
- [22] R. M. Spiegel y J. L. Stephens, *Estadística*, Cuarta ed., México: Mc Graw Hill, 2009.
- [23] D. Chipantiza y D. S. Aldás Salazar, «Gestión de la producción para reducir desperdicios de tiempo del proceso de armado utilizando la metodología de cambio rápido de herramientas (SMED) en industrias de manufactura de calzado de cuero,» Tesis de Ingeniería Industrial Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2017.
- [24] J. P. Reyes Vásquez, E. M. Coba Molina, R. Urvina Barrionuevo, D. Aldas Salazar y S. Ramírez, *Optimización operacional basada en un sistema dinámico esbelto de alerta de fallas en los procesos de producción para las industrias de calzado*, Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2016.

- [25] I. Altamirano y J. P. Reyes Vásquez, «Programa de producción para el proceso de troquelado en industrias de manufacturas de calzado de cuero,» Tesis de Ingeniería Industrial Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2017.

ANEXOS

Anexo 1: Listado de Empresas Pertenecientes a la CALTU

- Almacen Mi Calzado
- Bemuri
- Benjamin Scatback
- Calzado Alice
- Calzado Baronis
- Calzado Booms
- Calzado Inola
- Calzado Jarppers
- Calzado Carolucy
- Calzado Dimasport
- Calzado Fames
- Calzado Gabriel
- Calzado Geolino
- Calzado Guzman
- Calzado Gusmar
- Calzafince
- Calzado Hidalgo
- Calzado Infantil Hércules
- Calzado Chávez
- Calzado Family
- Calzado Rexell
- Calzado Ralma
- Calzado Samporio Internacional
- Calzafer
- Calzado Labertin
- Calzado Lombardia
- Calzado Palmes
- Creaciones Luis Carlos
- Creaciones Martha's
- Creaciones Pazmiño
- Creaciones Vaness
- Calzado Misshel
- Calzado Nimrod
- Calzado Zepol
- Calzado de Seguridad Industrial Buffalo
- Calzado Mera
- Creaciones Pavis
- Dacris DCR Footwear
- D'Alexis
- Discabar
- Emicalza
- Eximdoce S.A – Doce

- Fábrica de Calzado Liwi
- Facalsa
- Fadicalsa
- Fortecalza
- Gamo's
- Gariza
- Incalsid
- Indumiltex – Vortec
- J. C. Shoes
- Sforzo
- Joshep's
- Lady Rose
- Luigi Valdini
- Mil Pies
- Plasticaucho Industrial
- Producalza
- Vecachi
- Wonderland
- Zapatito

Anexo 2: Formato de Entrevista

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

OBJETIVO:

Conocer la situación actual respecto al control de la producción en el proceso de armado de las empresas productoras de calzado en estudio.

CUESTIONARIO:

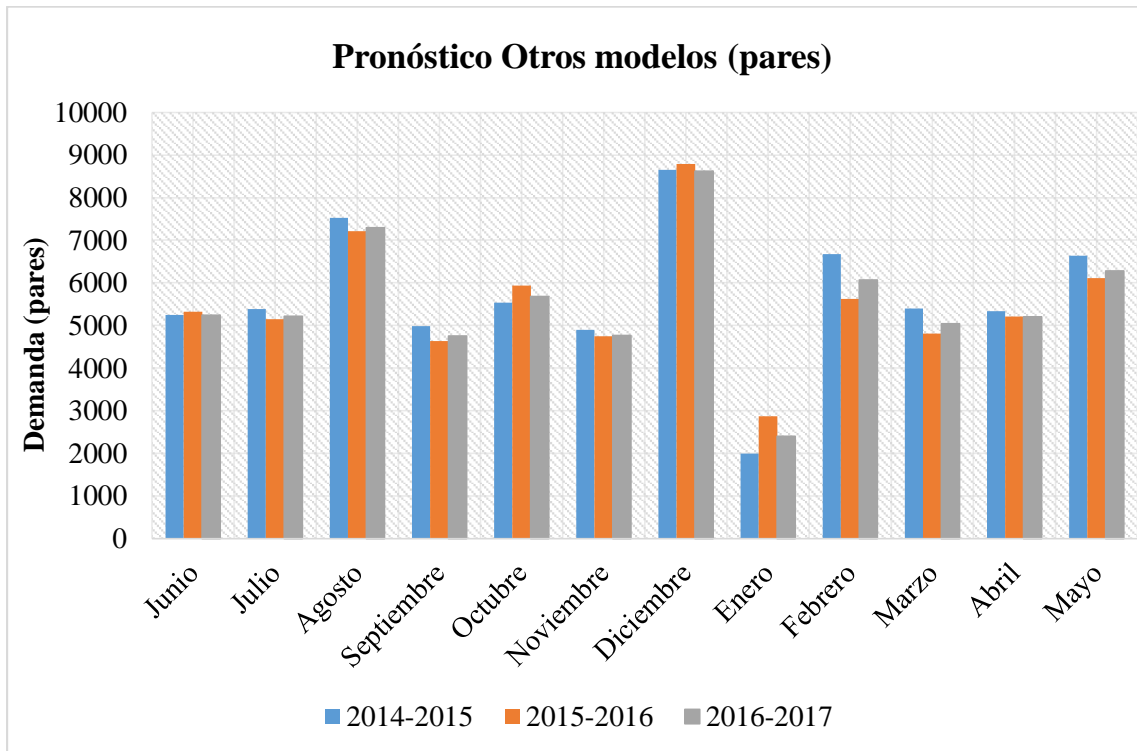
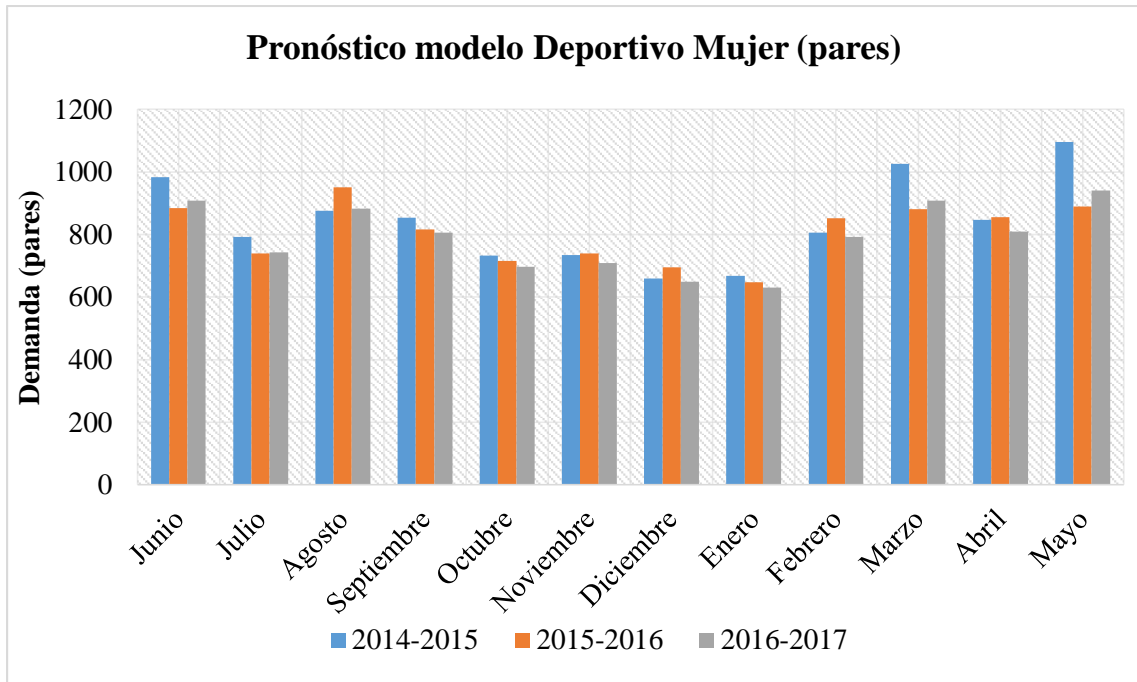
1. ¿Existe un estudio de los tiempos estándares del proceso productivo en la empresa?
2. ¿Se cumple a tiempo con la entrega del producto ensamblado en el armado?
3. ¿Considera que es favorable para el área de armado la variación constante del personal?
4. ¿En qué etapa de la producción se han presentado un mayor número de embotellamientos?
5. ¿Solicita el servicio de maquila para abastecer el flujo de producción?
6. ¿Cree usted que es necesario analizar y planificar la producción?

NOTA: La información obtenida se empleará en el desarrollo de un proyecto educativo

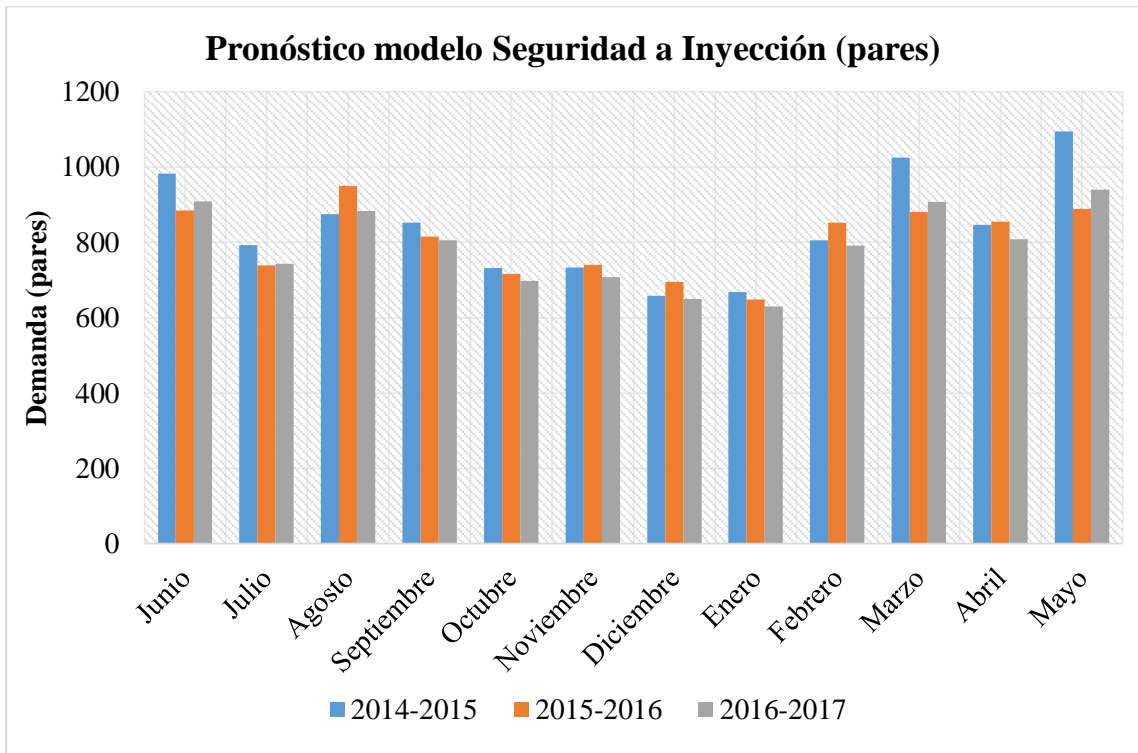
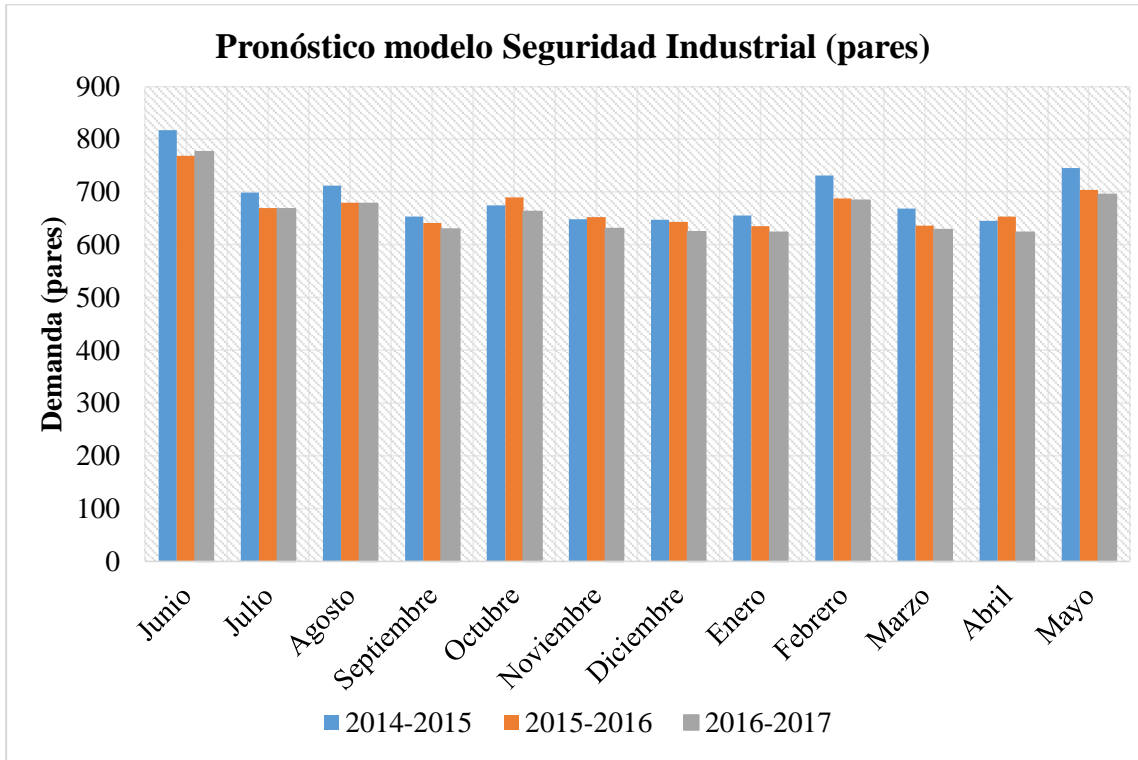
Gracias por su colaboración

Anexo 3: Gráficas de Pronóstico de los Modelos

EMPRESA A



EMPRESA B



Anexo 4: Guía de Usuario

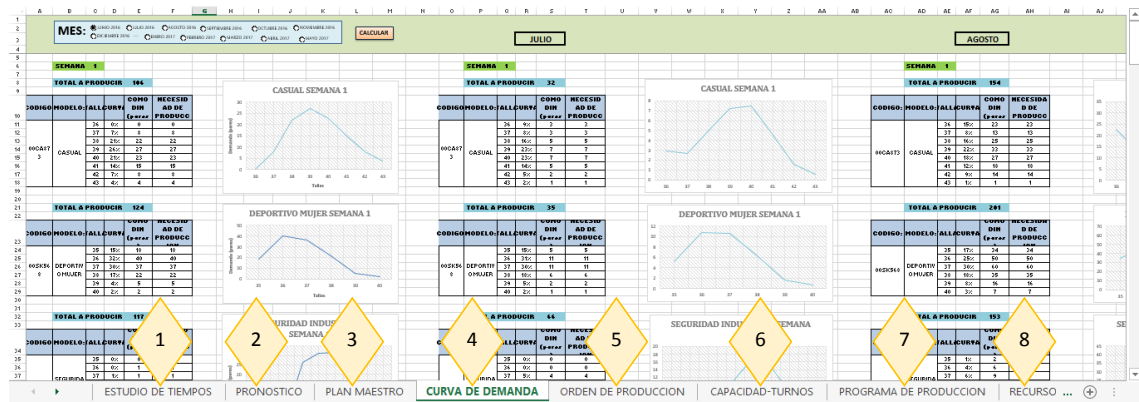
INFORMACIÓN GENERAL

Este modelo de planificación se compone de un grupo de tres programas destinados a cada sub ensamble de la elaboración de calzado que buscan mejorar los procesos productivos mediante la optimización de recursos y asignación de jornadas de trabajo por cada pedido.

VISION GENERAL

Área de Montaje

En la imagen se presentan las secciones de las que consta el modelo de planificación y programación para el área de montaje:



1. Estudio de tiempos
2. Pronóstico de ventas
3. Plan Maestro de Producción
4. Curva de la Demanda
5. Orden de Producción
6. Cálculo de Turnos
7. Programa de Producción
8. Recursos Humanos

Área de Aparado

En la imagen se presentan las secciones de las que consta el modelo de planificación y programación para el área de aparado:

ORDEN DE PRODUCCION												
EMPRESA A												
MES	AGOSTO		MES	SEPTIEMBRE		MES	OCTUBRE					
SEMANA	1		SEMANA	1		SEMANA	1					
CODIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCIR	CODIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCIR	CODIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCIR				
CA873	CASUAL HOMBRE	154	CA873	CASUAL HOMBRE	57	CA873	CASUAL HOMBRE	158				
SK568	DEPORTIVO MUJER	201	SK568	DEPORTIVO MUJER	73	SK568	DEPORTIVO MUJER	166				
MES	AGOSTO		MES	SEPTIEMBRE		MES	OCTUBRE					
SEMANA	2		SEMANA	2		SEMANA	2					
CODIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCIR	CODIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCIR	CODIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCIR				
CA873	CASUAL HOMBRE	123	CA873	CASUAL HOMBRE	143	CA873	CASUAL HOMBRE	158				
SK568	DEPORTIVO MUJER	161	SK568	DEPORTIVO MUJER	183	SK568	DEPORTIVO MUJER	166				

1. Estudio de tiempos
2. Recepción de Pedidos
3. Asignación de Turnos
4. Programa de Producción
5. Recursos Humanos
6. Análisis de Consumos
7. Calendarización de Turnos

Área de Troquelado

En la imagen se presentan las secciones de las que consta el modelo de planificación y programación para el área de troquelado:

LINEA DE PRODUCCIÓN - CASUAL 08CA873												
MÉTODO DE CORTE MANUAL												
CORTE DE CUERO						CORTE DE COMPLEMENTOS						
Tempo Estándar (min/pa)	5,52					Tempo Estándar (min/pa)	2,70					
Capacidad de Producción Hora (pares)	11,15					Capacidad de Producción Hora (pares)	22,22					
Capacidad de Producción Diaria (pares)	89,05					Capacidad de Producción Diaria (pares)	177,78					
Número de Trabajadores	3,00					Número de Trabajadores	1					
Número de Máquinas	1					Número de Máquinas	1					
CAPACIDAD MÍNIMA LINEA CASUAL (pares/día) 89,05												
LINEA DE PRODUCCIÓN - DEPORTIVO 08SK568												
MÉTODO DE CORTE AUTOMÁTICO												
CORTE DE CUERO						CORTE DE COMPLEMENTOS						
Tempo Estándar (min/pa)	2,43					Tempo Estándar (min/pa)	1,50					
Capacidad de Producción Hora (pares)	24,58					Capacidad de Producción Hora (pares)	30,00					
Capacidad de Producción Diaria (pares)	193,5					Capacidad de Producción Diaria (pares)	240,00					
Número de Trabajadores	1					Número de Trabajadores	1					
Número de Máquinas	1					Número de Máquinas	1					
CAPACIDAD MÍNIMA LINEA DEPORTIVO (pares/día) 193,50												
LINEA DE PRODUCCIÓN - SEGURIDAD INDUSTRIAL S99												
MÉTODO DE CORTE A TROQUEL												
CORTE DE CUERO						CORTE DE COMPLEMENTOS						
Tempo Estándar (min/pa)	2,94					Tempo Estándar (min/pa)	1,50					
Capacidad de Producción Hora (pares)	21,13					Capacidad de Producción Hora (pares)	37,50					
Capacidad de Producción Diaria (pares)	169,00					Capacidad de Producción Diaria (pares)	450,00					
Número de Trabajadores	3					Número de Trabajadores	3					
Número de Máquinas	3					Número de Máquinas	3					
CAPACIDAD MÍNIMA LINEA SEGURIDAD INDUSTRIAL (pares/día) 169,00												

1. Recepción de Pedidos
2. Estudio de Tiempos y capacidades de producción
3. Asignación de Turnos
4. Programa de Producción
5. Recursos Humanos

CONFIGURACION DEL MODELO

En esta sección se describe los componentes de cada uno de los modelos desarrollados.

MONTAJE

Estudio de tiempos: Al pulsar sobre esta pestaña se requiere ingresar las principales actividades de cada modelo de calzado junto con su respectivo tiempo estándar de fabricación. Al ingresar dichos valores el modelo genera automáticamente las cantidades correspondientes a la capacidad de producción por turno.

Pronóstico de Ventas: En esta sección se ingresan los valores correspondientes a los históricos de ventas de cada uno de los modelos en la tabla principal. Este punto se considera siempre y cuando el usuario desee basar su producción en base a pronósticos.

Plan Maestro de Producción: Una vez ingresada la información descrita el modelo desarrollado procesa las cantidades generando una distribución mensual y semanal para la producción basada en el número de días por cada semana.

En caso de que el usuario no desee basar su producción con pronósticos se pueden ingresar las cantidades requeridas directamente en cada celda de los meses del 1 al 12.

DEMANDA MENSUAL												
MODELOS	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12

Curva de la Demanda: En esta sección se determinan las cantidades semanales a producir en base al requerimiento del producto por tallas, para ello se selecciona el primer mes del trimestre a analizar y se pulsa el boton “Calcular”.

MES: <input checked="" type="radio"/> JUNIO 2016 <input type="radio"/> JULIO 2016 <input type="radio"/> AGOSTO 2016 <input type="radio"/> SEPTIEMBRE 2016 <input type="radio"/> OCTUBRE 2016 <input type="radio"/> NOVIEMBRE 2016 <input type="radio"/> DICIEMBRE 2016 --- <input type="radio"/> ENERO 2017 <input type="radio"/> FEBRERO 2017 <input type="radio"/> MARZO 2017 <input type="radio"/> ABRIL 2017 <input type="radio"/> MAYO 2017	CALCULAR
--	-----------------

Orden de Producción: Al definir las cantidades requeridas por cada talla se genera automáticamente una orden de producción que conecta a los sub ensambles de aparato y troquelado basado en el formato de la imagen.

MES														
SEMANA														
CODIGO	MODELO	TALLA										TOTAL A PRODUCIR		
		34	35	36	37	38	39	40	41	42	43		44	

Cálculo de Turnos: En este punto el usuario observa los valores generados automáticamente por el modelo desarrollado que corresponden a la capacidad de producción y tiempo de producción requerido por semana dada la necesidad de producción de diferentes modelos. El usuario requiere presionar el boton “Calcular” para activar la variación de los datos.



Programa de Producción: El modelo planteado requiere que el usuario asigne los turnos por día en base a las políticas de producción propias de la empresa junto a las celdas “Días de producción montaje convencional” y “Días de producción montaje a inyección”, mediante dichos valores se genera automáticamente la cantidad producida de pares de calzado en el turno asignado por cada semana.

Recursos Humanos: En esta última sección se genera el cálculo automático de trabajadores requeridos acorde a la capacidad de utilización de cada estación de trabajo. El usuario no requiere ingresar ningún valor en esta sección.

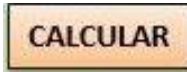
APARADO

Estudio de Tiempos: En esta sección se requiere ingresar las principales actividades de cada modelo de calzado junto con su respectivo tiempo estándar de fabricación. Al ingresar dichos valores el modelo genera automáticamente las cantidades correspondientes a la capacidad de producción por turno.

Recepción de Pedidos: En esta sección se reciben las órdenes de producción provenientes del área de montaje, para el área de aparado se considera únicamente la totalidad de pares a producir. Los pedidos ingresan por cada semana del trimestre seleccionado.

MES		
SEMANA		
CODIGO	MODELO	TOTAL A PRODUCIR

Asignación de Turnos: El usuario requiere presionar el botón “Calcular” con el propósito de generar automáticamente la cantidad de turnos requeridos y la capacidad media de producción basada en la combinación de modelos. Para ello se considera la cantidad de células requeridas para cada mes, obtenido en la sección de recursos humanos.

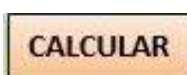


Programa de Producción: En esta sección el modelo desarrollado retoma información general del área de aparato como el número de células, capacidad ponderada, tiempo de fabricación en aparato, adicionalmente el programa toma el tiempo de fabricación del área de troquelado con el fin de determinar el día en que aparato libere el producto a montaje. En este punto el usuario requiere ingresar la asignación de los turnos en cada semana del trimestre seleccionado en base a las políticas de producción de la empresa, mediante dicho valor el programa calcula automáticamente la cantidad de pares aparados en el tiempo ingresado.

Recursos Humanos: En esta sección se genera el cálculo automático de trabajadores requeridos por cada célula de manufactura acorde a la capacidad de utilización de cada estación de trabajo, además se asigna un número determinado de células por mes de acuerdo a la demanda solicitada. El usuario no requiere ingresar ningún valor en esta sección.

Análisis de Consumos: El usuario tiene la oportunidad de conocer el costo de los insumos requeridos para satisfacer cada mes de trabajo en cada uno de los modelos ingresados.

Calendarización de Turnos: Se visualiza un diagrama gráfico respecto a los días asignados para satisfacer la demanda de pedido de acuerdo a lo establecido en el programa de producción, es decir, se muestra el inicio y fin del proceso productivo en aparato y el sub ensamble de troquelado. Los datos se actualizan automáticamente por lo que el usuario no requiere ingresar ningún dato sino únicamente presionar el botón “Calcular”.



TROQUELADO

Recepción de Pedidos: El área de troquelado recibe las órdenes de producción provenientes del área de aparado. Los pedidos ingresan por cada semana del trimestre seleccionado.

Estudio de Tiempos: El usuario requiere ingresar las principales actividades de cada modelo de calzado junto con su respectivo tiempo estándar de fabricación. Al ingresar dichos valores el modelo genera automáticamente las cantidades correspondientes a la capacidad de producción por turno de cada producto.

Asignación de Turnos: El usuario no requiere ingresar ningún tipo de información ya que se genera automáticamente la cantidad de turnos requeridos para producir cada modelo. Para ello se considera la cantidad de células requeridas para cada mes, obtenido en la sección de recursos humanos y se presiona el botón calcular.



Programa de Producción: En esta sección el modelo desarrollado retoma información general del área de troquelado como el número de células, capacidad de producción, tiempo de fabricación en aparado, con el fin de determinar el día en que troquelado libere el producto a aparado. En este punto el usuario requiere ingresar la asignación de los turnos en cada semana del trimestre seleccionado en base a las políticas de producción de la empresa, mediante dicho valor el programa calcula automáticamente la cantidad de pares troquelados en el tiempo ingresado.

Recursos Humanos: Genera el cálculo automático de trabajadores requeridos por cada célula de manufactura acorde a la capacidad de utilización de cada estación de trabajo, además se asigna un número determinado de células por mes de acuerdo a la demanda solicitada. El usuario no requiere ingresar ningún valor en esta sección

Anexo 5: Diseño del Macros Hoja Excel Turnos

Sub Prom_prod_aparado()

Range("K14").GoalSeek Goal:=Range("K12"), ChangingCell:=Range("I13")

Range("K24").GoalSeek Goal:=Range("K22"), ChangingCell:=Range("I23")

Range("K34").GoalSeek Goal:=Range("K32"), ChangingCell:=Range("I33")

Range("K44").GoalSeek Goal:=Range("K42"), ChangingCell:=Range("I43")

Range("K54").GoalSeek Goal:=Range("K52"), ChangingCell:=Range("I53")

Range("AC14").GoalSeek Goal:=Range("AC12"), ChangingCell:=Range("AA13")

Range("AC24").GoalSeek Goal:=Range("AC22"), ChangingCell:=Range("AA23")

Range("AC34").GoalSeek Goal:=Range("AC32"), ChangingCell:=Range("AA33")

Range("AC44").GoalSeek Goal:=Range("AC42"), ChangingCell:=Range("AA43")

Range("AC54").GoalSeek Goal:=Range("AC52"), ChangingCell:=Range("AA53")

Range("AU14").GoalSeek Goal:=Range("AU12"), ChangingCell:=Range("AS13")

Range("AU24").GoalSeek Goal:=Range("AU22"), ChangingCell:=Range("AS23")

Range("AU34").GoalSeek Goal:=Range("AU32"), ChangingCell:=Range("AS33")

Range("AU44").GoalSeek Goal:=Range("AU42"), ChangingCell:=Range("AS43")

Range("AU54").GoalSeek Goal:=Range("AU52"), ChangingCell:=Range("AS53")

End Sub