UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROPUESTA DE MEJORAS PARA LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE UNA EMPRESA PRODUCTORA DE GABINETES DE USO DOMÉSTICO, EN VENEZUELA

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO INDUSTRIAL

REALIZADO POR	**Br. Juan I. Ungredda S.**
	Br. Kevin L. Fung M.
TUTOR	**Ing. César Pérez.**
FECHA	**Octubre 2015.**

UCAB Universidad Católica ANDRES BELLO

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

"PROPUESTA DE MEJORAS PARA LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE UNA EMPRESA PRODUCTORA DE GABINETES DE USO DOMÉSTICO, EN VENEZUELA"

Este jurado, una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado:

VEINTE (20) PUNTOS. MENCIÓN PUBLICACIÓN. MENCIÓN HONORÍFICA

Jurado examinador

Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: JOSÉ GUEVARA	Nombre: CESAR PEREZ	Nombre: LUIS A. GUTIÉRREZ

PROFESOR GUÍA:

ING CESAR, PEREZ

RELIZADO POR:

JUAN, UNGREDDA S.

KEVIN, FUNG M

FECHA:
Noviembre 2015

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a mi tutor el Profesor Cesar Pérez por su paciencia y disposición a las incontables reuniones que permitieron tener siempre un excelente asesoramiento.

A mis padres, por ayudarme durante toda mi carrera y su apoyo incondicional.

A todo el personal de Muebles Marielita C.A por su disposición y asistencia brindada.

A ustedes mis hermanas Catherine y Franyelis ya que definitivamente no estaría aquí sin ustedes.

A ti Adriana por tu apoyo en todos los aspectos de mi vida.

A todas las personas que me apoyaron y estuvieron a mi lado en todo momento...

Gracias.

Kevin L. Fung M.

Gracias a ti, por leer este trabajo

Juan I. Ungredda S.

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROPUESTA DE MEJORAS PARA LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE UNA EMPRESA PRODUCTORA DE GABINETES DE USO DOMÉSTICO, EN VENEZUELA

Autor: Juan I. Ungredda S.
Kevin L. Fung M.
Tutor: Ing César Pérez
Fecha: Octubre 2015.

SINOPSIS

El presente Trabajo Especial de Grado (TEG) se desarrolló en una empresa ensambladora de muebles, "Muebles Marielita, C.A" ubicada en la Urbanización Zona Industrial Terrinca, Guatire, Miranda, cuyo principal objetivo es el proceso de ensamblaje de muebles tipo gabinetes, y, de ser posible, su importación. "Muebles Marielita, C.A" se ve en la necesidad de mejorar sus sistemas productivos, específicamente su capacidad de producción, así como también, disminuir las constantes demoras por concepto de piezas faltantes y los altos niveles de trabajos en proceso. Por tal motivo, se realizó el presente Trabajo Especial de Grado que tuvo como objetivo principal "Diseñar una propuesta de mejoras para los procesos productivos de una empresa productora de gabinetes de uso doméstico, en Venezuela". La metodología fue basada en la comprensión de sus procesos productivos y de los principales problemas que posee su planta de ensamblaje. Este estudio tuvo como finalidad el diseño de propuestas que permitan que la empresa sea capaz de satisfacer su demanda, mediante la adecuación de los procesos operacionales y productivos internos.

Palabras clave: capacidad de producción, demoras, trabajo en proceso

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO I

ÍNDICE DE GRÁFICOS IV

ÍNDICE DE TABLAS VII

CAPÍTULO I 2

1 EL PROBLEMA 2

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA 2

1.1.1 Reseña histórica 2

1.1.2 Estructura Organizacional 2

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 3

1.3 OBJETIVO DE ESTUDIO 5

1.3.1 Objetivo General 5

1.3.2 Objetivos Específicos 5

1.4 ALCANCE 5

1.5 LIMITACIONES: 6

CAPÍTULO II 7

2 MARCO REFERENCIAL 7

2.1 ANTECEDENTES 7

2.2 BASES TEÓRICAS 7

2.2.1 Herramientas y Conceptos de Ingeniería Industrial 7

2.2.2 Herramientas Estadísticas 10

2.2.3 Programación Lineal (PL) 11

2.2.4 Simulación 12

CAPITULO III 14

3 MARCO METODOLÓGICO 14

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN. 14

3.2 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN 14

3.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN 15

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA. 15

3.4.1 Población. *16*

3.4.2 Muestra. *16*

3.5 RECOLECCIÓN DE DATOS. 16

3.5.1 Revisión documental *16*

3.5.2 Observación Directa *16*

3.6 ANÁLISIS DE DATOS. 16

3.7 ESTRUCTURA DESAGREGADA DEL TRABAJO ESPECIAL DE GRADO (EDT). 17

CAPITULO IV **18**

4 CARACTERIZAR EL PROCESO PRODUCTIVO **18**

4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA 18

4.2 ENSAMBLAJE DE SECCIONES 20

4.3 ENSAMBLAJE Y PRUEBA DE UNIDADES 22

4.4 ENSAMBLAJE FINAL 24

4.5 VALIDACIÓN DEL MODELO 24

5 IDENTIFICAR LOS PROBLEMAS (FACTORES) QUE AFECTAN EL PROCESO PRODUCTIVO **25**

6 EXPLICACIÓN DE LAS CAUSAS DE LOS PROBLEMAS ASOCIADOS AL PROCESO PRODUCTIVO .. **27**

6.1 ANÁLISIS CELDA A 28

6.2 PROCESO DE ENSAMBLAJE DE SECCIONES 30

6.3 PROCESO DE ENSAMBLAJE DE UNIDADES 31

6.4 ALMACENAMIENTO INTERMEDIO 35

6.5 PROCESO DE ENSAMBLAJE FINAL 35

6.6 TRABAJO EN PROCESO DE LA CELDA A 37

6.7 ANÁLISIS CELDA G 38

6.8 PROCESO DE ENSAMBLAJE DE SECCIONES 39

6.9 PROCESO DE ENSAMBLAJE DE UNIDADES 40

6.10 ALMACENAMIENTO INTERMEDIO 41

6.11 PROCESO DE ENSAMBLAJE FINAL 42

6.12 TRABAJO EN PROCESO DE LA CELDA G 43

6.13 RESUMEN DE LA CELDA A Y CELDA G 44

7 DETERMINAR SOLUCIONES PARA LAS CAUSAS DE LOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS. **45**

7.1 PROPUESTA 1: TRANSFERENCIA DE ALGUNAS DEMORAS AL ALMACÉN DE MATERIAS PRIMAS 45

7.1.1 Clasificación de las demoras en el proceso de Ensamblaje de Secciones. *46*

7.1.2 Clasificación de las demoras en el proceso de Ensamblaje de Unidades. *46*

7.2 PROPUESTA 2: DISMINUCIÓN EN LAS UTILIZACIONES EN LAS LÍNEAS DE ENSAMBLAJE DE UNIDADES 48

7.2.1 Asignación de unidades de diferente complejidad para las líneas de ensamblaje de unidades, mediante programación lineal. *49*

7.3 PROPUESTA 3: REUBICACIÓN DE PERSONAL EN LA LÍNEA DE ENSAMBLAJE FINAL EN LA CELDA A. 54

8 VALORAR LAS SOLUCIONES DE LOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS. 56

8.1 DISMINUCIÓN EN LOS TIEMPOS DE CICLO. 57

8.2 DISMINUCIÓN DE LAS UTILIZACIONES. 57

8.3 TRABAJO EN PROCESO 57

8.4 AUMENTO EN LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN. 58

8.5 VALORACIÓN ECONÓMICA 58

9 ESTABLECER RECURSOS PARA UNA POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE LAS SOLUCIONES. 58

9.1 PROPUESTA 1: TRANSFERENCIA DE ALGUNAS DEMORAS AL ALMACÉN DE MATERIAS PRIMAS 60

9.2 PROPUESTA 2: DISMINUCIÓN EN LAS UTILIZACIONES EN LAS LÍNEAS DE ENSAMBLAJE DE UNIDADES 61

9.3 PROPUESTA 3: REUBICACIÓN DE PERSONAL EN LA LÍNEA DE ENSAMBLAJE FINAL EN LA CELDA A. 61

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 62

9.4 CONCLUSIONES 62

9.5 RECOMENDACIONES 65

BIBLIOGRAFÍA 66

ANEXOS 67

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Organigrama de la Gerencia de Manufactura 3

Gráfico 2. Conjunto de símbolos de diagrama de proceso de acuerdo con el estándar ASME 8

Gráfico 3. Sección con dos unidades 18

Gráfico 4. Diagrama de planta de celda A 18

Gráfico 5. Diagrama de planta de celda G 19

Gráfico 6. Diagrama de flujo para el ensamblaje del mueble 19

Gráfico 7. Item con 3 secciones, mostrando las secciones horizontalmente 21

Gráfico 8. Porcentaje de partes para el ensamblaje de unidades que no están completas por semana. 22

Gráfico 9. Diagrama causa-efecto, celda G 26

Gráfico 10. Diagrama causa-efecto, celda A ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Gráfico 11. Procesos involucrados para la producción de secciones en la Celda A 29

Gráfico 12. Diagrama de Pareto de la sección de ensamblaje 30

Gráfico 13. Diagrama de Pareto para la línea 1 de ensamblaje de unidades 32

Gráfico 14. Diagrama de Pareto para la línea 2 de ensamblaje de unidades 32

Gráfico 15.Diagrama de Pareto para la línea 3 de ensamblaje de unidades 33

Gráfico 16. Diagrama de Pareto para la línea 4 de ensamblaje de unidades 33

Gráfico 17. Diagrama explicativo de la propuesta, celda G 35

Gráfico 18. Diagrama de Pareto para la línea 1 de ensamblaje final 36

Gráfico 19. Diagrama de Pareto para la línea 2 de ensamblaje final 36

Gráfico 20. Diagrama mostrando el trabajo en proceso (WIP) en los principales procesos, en la Celda A 38

Gráfico 21. Procesos involucrados para la producción de secciones en la celda G 38

Gráfico 22. Diagrama de Pareto para el ensamblaje de secciones, celda G 39

Gráfico 23. Diagrama de Pareto en el ensamblaje de unidades, celda G 41

Gráfico 24. Diagrama explicativo de la propuesta, celda G 42

Gráfico 25. Diagrama de Pareto para el ensamblaje final, celda G 43

Gráfico 26. Diagrama mostrando el trabajo en proceso (WIP) en los principales procesos, en la celda G 44

Gráfico 27. Diagrama de Procesos para el Ensamblaje de Secciones con la clasificación de las Demoras.. 46

Gráfico 28. Diagrama de Procesos para el Ensamblaje de Unidades con la clasificación de las Demoras .. 47

Gráfico 29. Diagrama mostrando las demoras transferidas al almacén de materias primas 47

Gráfico 30. Diagrama mostrando las líneas que presentan operarios con altas utilizaciones 48

Gráfico 31. Diagrama de redes para el modelo de programación lineal 49

Gráfico 32.Diagrama mostrando las líneas que presentan operarios con altas utilizaciones 54

Gráfico 33. Diagrama resumen de donde se implantaron las propuestas, celda A 56
Gráfico 34. Diagrama resumen donde se implantaron las propuestas, celda G 56
Gráfico 35 Variación de la utilidad neta con y sin propuestas aplicadas 60
Gráfico 36 Diagrama de flujo del proceso productivo visión general 68
Gráfico 37 Diagrama de flujo del interior de una celda 69
Gráfico 38 Diagrama de flujo de las estaciones 1 y 2 69
Gráfico 39 Diagrama de flujo de estación 3 70
Gráfico 40 Diagrama de flujo de estaciones 4 y 5 70
Gráfico 41 Diagrama de flujo de ensamblaje final 71
Gráfico 42. Diagrama de Procesos 72
Gráfico 43 Diagrama de procesos de manufactura del ensamblaje de muebles 72
Gráfico 44 Visión general del modelo de simulación 73
Gráfico 45 Lógica paralela de simulación de piezas faltantes 74
Gráfico 46 Estructura del modelo para el manejo de piezas faltantes de la celda A 75
Gráfico 47 Simulación de la celda A separada por partes 76
Gráfico 48 Simulación creación y traslado de entidades de secciones y unidades 77
Gráfico 49 Simulación estaciones de ensamblaje de secciones 1 y 2 78
Gráfico 50 Process 124 78
Gráfico 51 Assign 91 78
Gráfico 52 Simulación estación de ensamblaje de secciones 3 79
Gráfico 53 Assign estacion 3 ocupada_A1 79
Gráfico 54 Remover secc A1 80
Gráfico 55 Crear item A1 80
Gráfico 56 Condición para la unión de unidades A1 80
Gráfico 57 Estacion 3.2 A1 80
Gráfico 58 contador de secciones faltante A1 80
Gráfico 59 item listo? A1 80
Gráfico 60 Simulación estaciones de ensamblaje de secciones 4 y 5 81
Gráfico 61 Record 21 81
Gráfico 62 contador de secciones completada A 81
Gráfico 63 Simulación línea de ensamblaje de unidades 82
Gráfico 64 Process 118 82
Gráfico 65 Assign 81 82
Gráfico 66 Expression Builder Del Assign 27 83

Gráfico 67 Assign 27 83
Gráfico 68 Simulación almacenamiento intermedio 84
Gráfico 69 Assign Asignacion EntitySerialNumber A1 85
Gráfico 70 Search Buscar igual Entity serialnumber A1 85
Gráfico 71 Hold existencia de unidades A1 85
Gráfico 72 Batch unir secc y unid A1 85
Gráfico 73 Remove remover unidad por entity serial number A1 85
Gráfico 74 Assign Contador de unidades faltantes A1 85
Gráfico 75. Simulación, dos líneas de ensamblaje final. Celda A 85
Gráfico 76 Simulación celda G 86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estudios previos tomados en cuenta para la elaboración del presente TEG 7
Tabla 2. Estructura Desagregada del TEG 17
Tabla 3. Porcentaje de secciones por ítem 20
Tabla 4. Tiempo de trabajo de los operarios en la linea de ensamblaje de secciones 21
Tabla 5. Tiempos de ensamblaje, prueba y retrabajo del ensamblaje de unidades en las celdas A y G 23
Tabla 6. Cantidad actual y capacidad máxima de operadores en la estación de inspección en las celdas A y G 23
Tabla 7. Validación del modelo mediante el contraste de una prueba t de dos muestras 25
Tabla 8. Producción Mensual de gabinetes terminados 27
Tabla 9. Prueba de Hipótesis de una muestra 28
Tabla 10. Tiempo Takt, en minutos, necesarios para satisfacer la demanda celda A y celda G 28
Tabla 11. Paso de producción actual promedio, en minutos, en celda A y celda G 28
Tabla 12. Tiempo total del ciclo, en horas y el Semi Intervalo de confianza, para la celda A 29
Tabla 13. Tiempos de los procesos de ensamblaje y almacenamiento intermedio, Celda A 29
Tabla 14. Coeficientes de Correlación para ensamblaje de secciones, unidades y almacenamiento intermedio. 30
Tabla 15. Tiempos promedio de los procesos de ensamblaje de secciones 31
Tabla 16. Cantidad y utilización de los recursos en las operaciones de ensamblaje de secciones 31
Tabla 17. Tiempo promedio, en horas, para el ensamblaje de una unidad en la línea 1 32
Tabla 18. Tiempo promedio, en horas, para el ensamblaje de una unidad en la línea 2 32
Tabla 19. Tiempo promedio, en horas, para el ensamblaje de una unidad en la línea 3 33
Tabla 20. Tiempo promedio, en horas, para el ensamblaje de una unidad en la línea 4 33
Tabla 21. Cantidad y Utilización de los recursos en las operaciones de ensamblaje de unidades de la línea 1 34
Tabla 22.Cantidad y Utilización de los recursos en las operaciones de ensamblaje de unidades de la línea 2 34
Tabla 23. Cantidad y Utilización de los recursos en las operaciones de ensamblaje de unidades de la línea 3 34
Tabla 24. Cantidad y Utilización de los recursos en las operaciones de ensamblaje de unidades de la línea 4 34
Tabla 25. Tiempo de ciclo y cantidad de secciones en el Almacenamiento Intermedio 35
Tabla 26. Tiempos promedios procesos ensamblaje final, línea 1 36

Tabla 27. Tiempos promedios procesos ensamblaje final, línea 2 36
Tabla 28. Cantidad y Utilización de los operarios en la línea 1 de ensamblaje final 37
Tabla 29. Cantidad y Utilización de los operarios en la línea 2 de ensamblaje final 37
Tabla 30. Trabajo en proceso promedio de la celda A 37
Tabla 31. Tiempo total del ciclo, en horas, de la celda G 38
Tabla 32. Tiempos de los procesos de ensamblaje y almacenamiento intermedio, celda G 38
Tabla 33. Coeficientes de Correlación para ensamblaje de secciones, unidades y almacenamiento intermedio. 39
Tabla 34. Tiempos promedio de los procesos de ensamblaje de secciones, celda G 40
Tabla 35. Cantidad y Utilización de los recursos en las operaciones de ensamblaje de secciones, celda G.. 40
Tabla 36. Tiempos promedio, en horas, para el ensamblaje de una unidad, celda G 41
Tabla 37. Cantidad y Utilización de los recursos en las operaciones de ensamblaje de unidades, celda G .. 41
Tabla 38. Tiempo de ciclo y cantidad de unidades en el Almacenamiento Intermedio, celda G 42
Tabla 39. Tiempos promedios procesos ensamblaje final, celda G 42
Tabla 40. Cantidad y Utilización de los operarios en ensamblaje final 43
Tabla 41. Trabajo en proceso promedio de la celda G 43
Tabla 42. Resumen de comentarios y posibles propuestas de los procesos en ambas Celdas 44
Tabla 43. Tabla resumen de propuestas a ser cuantificadas mediante los modelos de simulación 45
Tabla 44. Clasificación de las Demoras por la Gerencia en el proceso de Ensamblaje de Secciones 46
Tabla 45. Clasificación de las Demoras por la Gerencia en el proceso de Ensamblaje de Unidades 46
Tabla 46. Capacidad de Producción en secciones por mes, para cada replicación de la simulación. Propuesta 1 47
Tabla 47. Resultados del contraste de hipótesis para una prueba T de una muestra. Propuesta 1 48
Tabla 48. Utilización promedio y tiempos en cola promedio, en horas, de los cuellos de botella en la propuesta. 48
Tabla 49. Variables de decisión mostradas en la matriz de asignación 49
Tabla 50. Tabla con el Tiempo Promedio para completar una orden (sección) 50
Tabla 51. REULTADOS: Proporción de unidades por nivel de dificultad asignadas a cada línea 51
Tabla 52. RESULTADO: Utilización de los Operadores de la Celda A y Celda G, para la propuesta 1+ propuesta 2 52
Tabla 53. RESULTADO: Porcentaje de reducción del tiempo promedio de proceso de ensamblaje de unidades. Propuesta 1+ propuesta 2 52
Tabla 54. RESULTADO: Tiempo total promedio, en horas, de producción Propuesta 1+ propuesta 2 52
Tabla 55. RESULTADO: Capacidad de producción del modelo propuesta 1 + propuesta 2 53

Tabla 56. Resultados del contraste de hipótesis para una prueba T de una muestra. Propuesta 1 + propuesta 2 53
Tabla 57. Utilización promedio y tiempos en cola promedio, en horas, de los cuellos de botella en la propuesta1 + propuesta 2 53
Tabla 58. Utilizaciones de los operarios en el Ensamblaje Final, Celda A, situación actual 54
Tabla 59. RESULTADOS: Utilizaciones de los operarios en el Ensamblaje Final, Celda A. alternativa 1. Propuesta 1 + propuesta 2+ propuesta 3 55
Tabla 60. RESULTADOS: Utilización de los operarios en ensamblaje final de la celda A. alternativa 2. Propuesta 1 + propuesta 2+ propuesta 3 55
Tabla 61. RESULTADO: Capacidad de Producción en secciones por mes, para cada replicación de la simulación. Propuesta 1+ propuesta 2 + propuesta 3 55
Tabla 62. Resultados del contraste de hipótesis para una prueba T de una muestra. Propuesta 1 + propuesta 2+ propuesta 3 56
Tabla 63. RESULTADOS: Porcentaje de reducción en los tiempos de ciclo promedio, en horas. 57
Tabla 64. Porcentaje de reducción promedio para el inventario de secciones en proceso. Propuesta 1+ propuesta 2 + propuesta 3 57
Tabla 65. Porcentaje de reducción promedio para el inventario de unidades en proceso. Propuesta 1+ propuesta 2 + propuesta 3 58
Tabla 66. Porcentaje de aumento promedio en la capacidad de producción. Propuesta 1+ propuesta 2 + propuesta 3 58
Tabla 67. Total de procesos en el sistema, entre la celda A y la celda G 62
Tabla 68. Cantidad de causas en los diagramas causa-efecto 63
Tabla 69.Reducción de los tiempos promedio de ciclo, en horas, de la celda A y celda G 63
Tabla 70. Reducción del trabajo en proceso 63
Tabla 71. Aumento de la capacidad de producción de gabinetes por mes 64
Tabla 72. Distribuciones probabilísticas 67
Tabla 73. Datos medidos en minutos por sección procesada 87
Tabla 74. Distribuciones proporcionadas por la empresa y ajustadas con base a los datos 88

INTRODUCCIÓN

Muebles Marielita, C.A es una empresa ensambladora de muebles ubicada en Urbanización Zona Industrial Terrinca, Guatire, Miranda. En últimos años se ha visto en la necesidad de aumentar sus niveles de producción para satisfacer la demanda; lo cual implica mejorar su sistema de producción de muebles, manejo de piezas y herramientas defectuosas.

Con el propósito de mejorar las operaciones de la planta y ofrecer una mejor respuesta a sus clientes, ha decidido estudiar opciones de mejora; su evaluación permitirá un mejor aprovechamiento de la capacidad de la planta.

Por lo antes expuesto, en el siguiente Trabajo Especial de Grado se evalúan propuestas para aumentar la capacidad instalada de planta y así poder satisfacer la demanda.

Como resultado de la aplicación de estas propuestas, se persigue una mejora en el sistema de producción, mediante la reducción en los tiempos totales de ciclo de procesos, trabajo en proceso y un mejor aprovechamiento de los recursos.

El siguiente Trabajo Especial de Grado posee cuatro (4) capítulos. A continuación una breve descripción de cada uno:

Capítulo 1 "Estudio del problema": este capítulo contiene la información de la empresa, la descripción de su producto y cuáles son los principales problemas detectados; también incluye los objetivos principales, específicos las limitaciones y alcance del trabajo.

Capítulo 2 "Marco teórico": este capítulo contiene los antecedentes de la investigación, y las bases teóricas que sustentaron el estudio.

Capítulo 3 "Marco metodológico": este capítulo comprende los aspectos necesarios para establecer el "cómo" se realizó el estudio. Contempla el tipo de investigación, el enfoque y el diseño de la misma.

Capítulo 4 "Situación actual": este capítulo contiene la caracterización e identificación de los problemas que afectan el proceso productivo, explicación de las causas de los problemas y la determinación de las posibles soluciones, la valorización de las soluciones propuestas.

Capítulo 5 "Conclusiones y recomendaciones": este capítulo contiene las conclusiones finales del estudio y las recomendaciones para la empresa.

CAPÍTULO I

1 EL PROBLEMA

1.1 Descripción de la empresa

1.1.1 Reseña histórica

La Globalización ha mostrado como la competitividad desempeña un rol determinante en la vida económica de cada país, y como las empresas se preparan para ello. Es por ello, que en el mercado tan competitivo de hoy, existe una mayor conciencia en satisfacer las necesidades del cliente.

Actualmente, debido al cierre y traslado de operaciones de gran cantidad de empresas en el sector Industrial, ha sido razón para que empresas de menor tamaño presenten un aumento significativo en su demanda, para lo cual es necesario un uso eficiente de los recursos y la inversión en capacidad productiva. Siendo la empresa **Muebles Marielita C.A**, objeto de estudio del siguiente Trabajo Especial de Grado (TEG), una empresa interesada en seguir este camino.

Ésta empresa está dedicada a la fabricación de gabinetes en Venezuela desde 1992, acompañando con tradición, calidad y economía a sus principales clientes: hoteles, restaurantes, panaderías, hogar y oficina.

Ésta se encuentra ubicada en la Urbanización Zona Industrial Terrinca, Guatire, Miranda, con dos áreas de producción dedicadas exclusivamente a la producción de gabinetes.

Actualmente, ofrece la mejor calidad a precios competitivos, con lo cual han logrado una importante participación en el mercado gracias a la constancia y tradición de trabajo de un equipo humano de primera línea.

1.1.2 Estructura Organizacional

Muebles Marielita, C.A. está constituida por una estructura jerárquica y funcional representada por el Director de Manufactura, 4 gerentes de las principales áreas de la empresa: Empaque, Fabricación, Control de Calidad y Mantenimiento; que a su vez dirigen a jefes, supervisores y operarios. A continuación se presenta los organigramas correspondientes a la Gerencia de Manufactura.

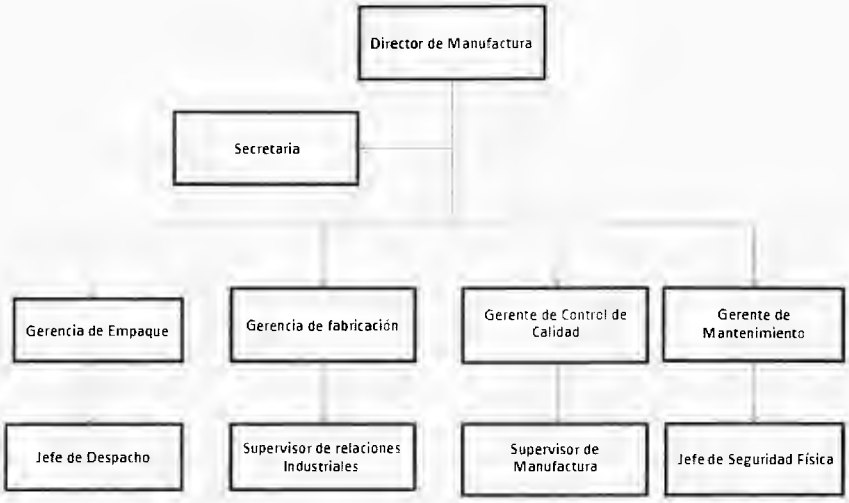


Gráfico 1. Organigrama de la Gerencia de Manufactura
Fuente: Elaboración Propia

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, en las operaciones de fabricación y ensamblaje, es frecuente que el cumplimiento de la demanda de los clientes, en cantidad y calidad, se vea influenciada por factores asignables a la variabilidad del sistema. Algunos de ellos son:

- La variabilidad en el tiempo de las operaciones que conforman los procesos.
- Las fallas e interrupciones en los recursos necesarios para las operaciones.
- Variaciones en la disponibilidad de mano de obra, máquinas, equipos y herramientas.
- Retrabajo para resolver aspectos de calidad del producto.
- Productos no estandarizados que requieren recursos adicionales a los programados para los productos estándar.
- La dependencia de las actividades productivas.

Parte de las consecuencias son: el incumplimiento de la demanda, operación por debajo de la capacidad del proceso productivo, costos adicionales por retrasos, retrabajo, demoras imprevistas, mayor espacio para el producto en proceso. Por lo cual, muchas empresas se ven obligadas a buscar nuevos mecanismos para hacer de su producción más efectiva, mejorando sus procesos productivos.

La situación descrita anteriormente es la encontrada en una empresa Venezolana, para la cual se realiza el siguiente Trabajo Especial de grado, que por razones de confidencialidad y resguardo de la información, no se suministrará el nombre.

Esta empresa se encarga del ensamblaje de gabinetes, estando conformados por una sección principal que puede contener desde una sola unidad hasta 12 unidades.

Actualmente, en dicha empresa existen procesos tales como:

- Ensamblaje de secciones: donde se construyen y ensamblan las secciones, las cuales están vacías y preparadas para recibir las unidades que les corresponden según las especificaciones del cliente.
- Construcción de las unidades: donde se fabrican las unidades a ser insertadas en las secciones.
- Ensamblaje final: las secciones y las unidades se ensamblan, de manera tal que cuando está lista, se inicia el cableado y la inspección.

Las técnicas más utilizadas para la programación de las operaciones de producción suelen asignar tiempos de holgura para resolver estos problemas, sin embargo, su estimación queda al juicio de expertos con experiencia en el proceso productivo, sin que por ello se analicen los factores que lo afectan para la búsqueda de opciones dirigidas a resolver las causas raíces. En ocasiones, por su complejidad, se opta por aceptar que el problema tiene dificultad para su análisis y se continúan las operaciones sin llegar a resolverlo; su impacto en costos, incumplimiento con los clientes y operar por debajo de la capacidad pueden hacer que el proceso no sea competitivo, con un eventual cese de actividades. Por lo tanto, para contemplar los factores descritos, su análisis y solución, se aplicarán principios de Ingeniería Industrial en el área de producción en conjunto con técnicas de simulación de eventos discretos.

Actualmente existen numerosos trabajos enmarcados en el área de producción que soportan sus decisiones a través del uso de simulación, tal como:

- Rohrer (1998) en "aplicaciones de la simulación, desarrolladas por muchos años, para resolver una gran cantidad de problemas de manufactura". Enumera elementos comunes a muchos sistemas de manufactura (relacionados con el producto, los recursos, la demanda y los aspectos a controlar) y justifica el uso de la simulación por la aleatoriedad propia de esos sistemas.
- Zhang (2014) analizó el efecto de dos métodos de inicio de órdenes de fabricación en procesos productivos (basado en producción y basado en carga de trabajo) con el objetivo de cumplir la fecha de entrega a los clientes y encontró que ambos tienen un desempeño inadecuado en el cumplimiento de las fechas de entrega. Para ajustar la producción a las variaciones en el tiempo de la demanda, propuso un método de inicio de órdenes de producción de múltiples períodos de tiempo.

1.3 Objetivo de Estudio

1.3.1 Objetivo General

Diseñar una propuesta de mejoras para los procesos productivos de una empresa productora de gabinetes de uso doméstico, en Venezuela.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar el proceso productivo.
- Identificar los problemas que afectan el proceso productivo.
- Explicar las causas de los problemas identificados en el proceso productivo.
- Determinar soluciones para las causas de los problemas identificados.
- Valorar las soluciones de los problemas identificados.
- Establecer recursos para una posible implementación de las soluciones.

1.4 Alcance

- El trabajo contempla el estudio del sistema productivo actual de la empresa.
- Se mostrarán los métodos a utilizar para la mejora del sistema productivo.
- Se mostrará comparativamente la situación actual con respecto a las propuestas de mejora.

- Se utilizará la simulación como técnica para la creación de un modelo de eventos discretos que se utilizará para conocer el impacto de la variabilidad en los resultados de interés del proceso productivo.

1.5 Limitaciones:

- El estudio no contempla una redistribución física de los procesos involucrados en la producción.
- La información histórica, así como también la base de datos, es proporcionada por la empresa.
- La información solicitada a la empresa se ve limitada por normas de confidencialidad.
- La información y los datos necesarios para llevar a cabo el presente estudio dependerán de la disposición y el tiempo de terceras personas de acuerdo a su disponibilidad.
- Se utilizará el "software" disponible en los servidores de la UCAB a esta fecha.

CAPÍTULO II

2 MARCO REFERENCIAL

2.1 Antecedentes

Con el objetivo de desarrollar el presente Trabajo Especial de Grado, fue requerido un número de investigaciones (Tesis) previas, con el fin de completar en su totalidad el desarrollo de la metodología, del cual se trata esta Tesis.

En la siguiente tabla se indican los estudios previos tomados en cuenta para la elaboración de este Trabajo especial de grado.

Tabla 1. Estudios previos tomados en cuenta para la elaboración del presente TEG.
Fuente: Elaboración Propia

TÍTULO	ÁREAS DE ESTUDIO AUTORES Y TUTOR	INSTITUCIÓN Y FECHA	OBJETIVO GENERAL	APORTE
Desarrollo de una metodología para la mejora del desempeño de proveedores nacionales de acuerdo a los requisitos de calidad, producción y despacho,asociados con una ensambladora de vehículos	**Área:** Ingeniería Industrial **Autor:** Daguer Marichal, Walid **Tutor:** Ing. Joao De Gouveia	**Institución:** UCAB-Pregrado **Fecha:** Febrero 2010	Desarrollo de una metodología para la mejora del desempeño de proveedores nacionales de acuerdo a los requisitos de calidad, producción y despacho, asociados con una ensambladora de vehículos	1.Estructuración del Informe. 2.Formato del Informe 3. Marco metodológico
Mejoras a la productividad de las líneas de producción de una Empresa de Fabricación de cosméticos para bebés y productos farmacéuticos	**Área:** Ingeniería Industrial **Autor:** Fernández, Consuelo Veracierta, David **Tutor:** Ing. Emmanuel López	**Institución:** UCAB-Pregrado **Fecha:** Mayor, 2005	Desarrollar mejoras para el incremento de la productividad de los procesos de producción de una Empresa de Fabricación y/o empaque de cosméticos para bebés y productos farmacéuticos	1.Estructuración del Informe
Propuesta de mejora de los procesos de un centro de atención de llamadas de una empresa automotriz , ubicada en Caracas, utilizando herramientas de técnicas de simulación	**Área:** Ingeniería Industrial **Autor:** Correa Lovera, Ramón Andrés **Tutor:** Ing. Ana Corrales	**Institución:** UCAB-Pregrado **Fecha:** Marzo 2013	Mejorar los procesos de un Centro de Atención de llamadas de una empresa automotriz, ubicada en Caracas, utilizando herramientas de técnicas de simulación	1.Estructuración del Informe

2.2 Bases Teóricas

Para la elaboración de la presente investigación, se requiere de la utilización de las siguientes herramientas:

2.2.1 Herramientas y Conceptos de Ingeniería Industrial

- **Diagrama de Flujo de Procesos**

Según (Benjamin & Freivalds, 2009) "Muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones, tiempos permitidos y materiales que se utilizan en un proceso de manufactura o de negocios" (pág.25). El diagrama de flujo de proceso es particularmente útil para registrar los costos ocultos no productivos

como, por ejemplo, las distancias recorridas, los retrasos y los almacenamientos temporales. A continuación mostraremos los símbolos utilizados en los diagramas:

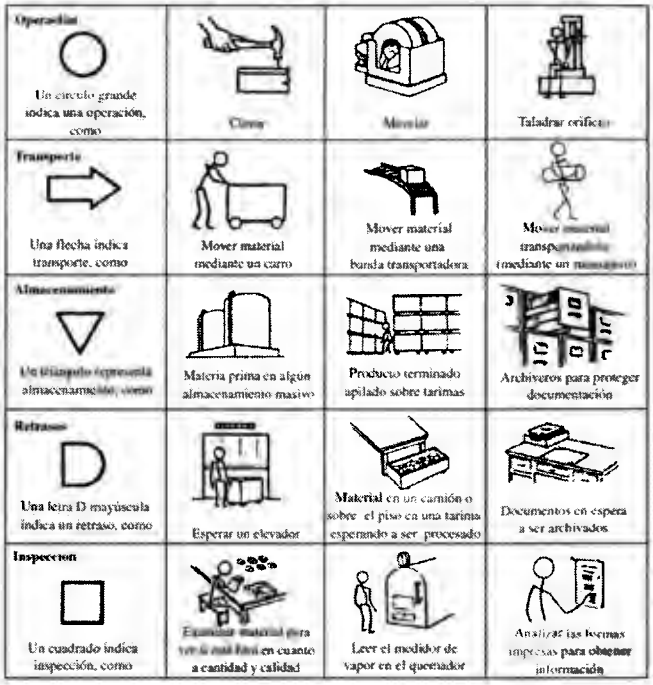


Gráfico 2. Conjunto de símbolos de diagrama de proceso de acuerdo con el estándar ASME
Fuente: Niebel, Benjamín. Freivalds, Andris. "Ingeniería Industrial, Métodos, estándares y diseño de trabajo"

En donde podemos definir cada símbolo de la siguiente forma:

Operación: indica las principales fases de un proceso, la modificación o agregación de valor a la pieza, materia o producto.

Inspección: indica que se verifica cantidad, calidad o ambas.

Transporte: indica el movimiento de los trabajadores, materias o equipos.

Demora, retraso o espera: indica parada entre dos operaciones sucesivas.

Almacenamiento: indica depósito bajo vigilancia y autorización

- **Diagrama de Pareto.**

El diagrama de Pareto es una gráfica para organizar datos de forma que estos queden en orden descendente, de izquierda a derecha y separados por barras. Permite, asignar un orden de prioridades.

El diagrama facilita el estudio comparativo de numerosos factores dentro de las industrias o empresas comerciales de las cuales se basa el presente trabajo especial de grado.

Se tendrá en cuenta que el 20% de las causas totales hace que sean originados el 80% de los efectos.

- **Diagrama de Ishikawa**

El diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama causa-efecto, consiste en definir la ocurrencia de un evento o problema no deseable, esto es, el efecto y, después, identificar los factores que contribuyen a su conformación, esto es, las causas.

- **Desperdicios**

Por desperdicio entendemos "toda actividad del proceso que agrega costo pero no valor" (Arocha, 1992, pág. 66). Los cuales clasificaremos en:

Por sobreproducción: Se refiere a la producción de materiales, partes o piezas que no son requeridas por el siguiente paso del proceso, o por el cliente.

Por espera: Es creado cuando el trabajador está ocioso frente a una máquina, sirviendo sólo como observador, o cuando no puede hacer nada porque aquéllas están funcionando.

Por transporte: Ocurre cuando un material, parte o pieza es movida innecesariamente a una distancia para luego ser almacenada y temporalmente arreglada

Por el proceso mismo: Ocurre cuando el equipo o las operaciones no son costo-efectivas, hay exceso de capacidad o cuando los equipos no son operados eficientemente.

Por inventario en el proceso: Se refiere al mantenimiento de inventarios en proceso entre cada operación y al concepto de inventarios de seguridad. Ambas formas responden al objetivo de garantizar la continuidad de las operaciones a pesar de la ineficiencia.

Por movimientos innecesarios: Ocurre cuando se incluyen movimientos innecesarios que no agregan valor; está vinculado a la ergonomía del puesto de trabajo.

Por productos defectuosos: Cuando un producto o parte están fuera de especificación, el desperdicio en materiales y trabajo no incluyen sólo la manufactura del defectuoso, sino también el retrabajo, el desecho y otros costos indirectos.

- **Tiempo Takt (Takt Time)**

Es el tiempo requerido entre la completación de dos unidades sucesivas de producto terminado para cumplir la demanda. Éste es calculado dividiendo el tiempo disponible de producción entre la demanda.

2.2.2 Herramientas Estadísticas

- **Intervalo de confianza para la media**

"Este método estadístico consiste en la estimación de un intervalo de la forma [L, U], donde L es el límite inferior y U es el límite superior, con una probabilidad 100(1-α)% que la media se encuentre dentro de los limites [L, U]" (Brunk, 1979, pág. 105) . En donde 100(1-α)% representa la probabilidad que el intervalo obtenido incluya la media poblacional. La estimación del intervalo se realizará mediante los paquetes estadísticos simulación, con un nivel de confianza 100(1-α)% de 95%.

- **Definiciones de Pruebas de Hipótesis**

Proceso de decisión a través del cual se desea probar si una hipótesis estadística se acepta como verdadera o no. Este proceso de decisión tiene base en las evidencias proporcionadas por una muestra aleatoria.

En una prueba estadística se pretende contrastar dos posibles hipótesis. Esto da pie a definir dos tipos de hipótesis.

Hipótesis Nula: Aquella afirmación que queremos contrastar con miras a probar si la aceptamos como verdadera o no. Se le denota como H_0.

Hipótesis Alterna: Aquella afirmación que aceptaríamos con verdadera si rechazamos la hipótesis nula. Se le denota como H_1.

- **Prueba T de Student para una muestra.**

Consiste en determinar si la media de una población difiere significativamente de un valor dado. En donde se realizan las siguientes suposiciones:

- ✓ Varianza desconocida.
- ✓ La muestra proviene de una distribución Normal.

- **P-valor de la prueba**

Si se pretende desarrollar los contrastes de hipótesis estadística con ayuda de paquetes estadísticos, se requiere el uso del P-valor de la prueba, el cual, es *"...el dato obtenido a partir del valor del estadístico del contraste el cual rechazará la hipótesis nula (H_0) si el P valor es menor o igual al nivel de significación adoptado por el experimentador"* (Brunk, 1979, pág. 235). Éste nivel de significación se fijará al 5% para todas las pruebas.

2.2.3 Programación Lineal (PL)

Según (Bazaraa, Jarvis, & Sherali, 2007) "La Programación Lineal (PL) estudia la optimización (minimización o maximización) de una función lineal que satisface un conjunto de restricciones lineales de igualdad y/o desigualdad" (pág. 1).

Considere el siguiente problema de programación lineal.

Minimizar/Maximizar: $F = c_1x_1 + c_2x_2 + \ldots + c_nx_n$

Sujeta a:

$$
\begin{aligned}
& a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots + a_{1n}x_n \leq b_1 \\
& a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots + \\
& \vdots \\
& a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \ldots + a_{mn}x_n \leq b_m \\
& a_{2n}x_n \leq b_2 \\
& x_1, x_2, \ldots, x_n \geq 0
\end{aligned}
$$

Aquí $c_1x_1 + c_2x_2 + ... + c_nx_n$, es la función objetivo que debe minimizarse o maximizarse. Los coeficientes c_1, c_2,..., c_n son los coeficientes de la función objetivo (conocidos), y $x_1,x_2,...,x_n$ son las variables de decisión que deben determinarse. La desigualdad $\sum_{j=1}^{n} a_{ij}x_j \leq b_i$ denota la i-ésima restricción y $x_1, x_2, ..., x_n \geq 0$ son las restricciones de no negatividad.

A continuación se explican brevemente las hipótesis para realizar un modelo de Programación Lineal, según (Bazaraa, Jarvis, & Sherali, 2007, pág. 3).

Proporcionalidad: Dada una variable x_j, su contribución a la función objetivo es c_jx_j, y su contribución a la i-ésima restricción es $a_{ij}x_j$.

Aditividad. Cada función de un modelo de programación lineal (función objetivo o restricciones) es la suma de las contribuciones individuales de los c_jx_j y $a_{ij}x_j$ respectivos.

Divisibilidad. Las variables de decisión se pueden dividir en cualesquiera niveles fraccionarios, de modo que se permiten valores no enteros para las variables de decisión

Determinística. Todos los coeficientes c_j, a_{ij},y b_i se encuentran de manera determinística.

2.2.4 Simulación

Según (McKeown & Davis, 1986) "La simulación se refiere a un gran conjunto de métodos y aplicaciones que buscan imitar el comportamiento de sistemas reales, generalmente en una computadora con un software apropiado" (pág 1).

En una simulación de procesos por computadora se lleva a cabo un análisis de un sistema determinado, sin ser necesario interferir en él, por ello todas las modificaciones y sus consecuencias, ocurrirán sólo en el modelo computacional y no en el sistema real, logrando así realizar un estudio de bajo costo donde se pueden evaluar distintos escenarios de solución para los problemas existentes en el modelo real.

Algunos conceptos utilizados en simulación son:

Modelo: Representación de un sistema para su estudio

Entidad: El objeto de interés en el sistema.

Atributo: Propiedades que posee la entidad.

Evento: es una ocurrencia instantánea que cambia el estado del sistema.

Algunos indicadores de resultados utilizados fueron:

Producción total: representa la cantidad de gabinetes realizados en un mes dado.

Utilización: se define como la proporción de tiempo en que está ocupado el recurso durante la simulación. En donde es difícil decir si es deseable altas utilizaciones (cerca de 100%) o bajas (cerca de 0%), sin embargo, establecemos como una utilización adecuada, aquella que esté en el intervalo 50% a 80%.

Trabajo en proceso (WIP, Work in Process por las siglas en inglés): está conforma de aquellas materias primas que han ingresado al proceso productivo pero que aún no están listos para la venta ya que no son aun producto terminado.

Tiempo de ciclo: es el tiempo transcurrido desde el inicio de un proceso hasta su completación.

En el Anexo 1 se encontrarán las funciones probabilísticas más utilizadas para la elaboración de modelos de simulación.

CAPITULO III

3 MARCO METODOLÓGICO.

El capítulo a continuación explica la manera en la que se desarrolla el presente Trabajo Especial de Grado (TEG). Contemplará: el tipo de investigación que se realizará, el enfoque tomado, y por último el diseño de la misma.

Así mismo este capítulo contendrá las técnicas y herramientas para la recolección, procesamiento y análisis de datos necesarios para la elaboración del TEG.

3.1 Tipo de investigación.

La presente investigación puede catalogarse como un Proyecto Factible, puesto que la misma englobará un proceso de investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta con el objetivo de mejorar los procesos productivos de una empresa productora de gabinetes.

Se puede definir como un proyecto factible:

> "Un conjunto de actividades vinculadas entre si, cuya ejecución permitirá el logro de objetivos previamente definidos en atención a las necesidades que pueda tener una institución o grupo social en un momento determinado. Es decir, la finalidad del proyecto factible radica en el diseño de una propuesta de acción dirigida a resolver un problema o necesidad previamente detectada en el medio." (Moya, 2002)

Adicionalmente, el presente Trabajo Especial de Grado puede catalogarse como documental, puesto a que para el desarrollo del mismo, serán requeridas diversas bibliografías que ayuden al desarrollo de la metodología.

3.2 Enfoque de la investigación.

El presente Trabajo Especial de Grado, tendrá un enfoque mixto, es decir, cuantitativo puesto que se utilizará la recolección de datos y el análisis de los mismos, con el objetivo de llegar a resolver el problema de la presente investigación. Y cualitativo, porque será requerida una observación directa de la situación actual, así como una serie de entrevistas con el objetivo de entender la situación.

En cuanto a una investigación cualitativa se puede decir que:

"...es aquella donde se estudia la calidad de las actividades, relaciones, asuntos, medios, materiales o instrumentos en una determinada situación o problema." (Velez, 2015)

Así mismo una investigación cuantitativa:

> "... es una metodología de investigación que busca cuantificar los datos/información y, por lo regular, aplica una forma de análisis estadístico. Se define como un tipo de investigación que utiliza métodos totalmente estructurados o formales, realizando un cuestionamiento a través de preguntas principalmente cerradas y concretas para explorar y entender las motivaciones y comportamientos de individuos o grupos de individuos." (Velez, 2015)

3.3 Diseño de la investigación.

El diseño del cual se basará el presente trabajo especial de grado, es el de tipo no experimental, puesto a que el investigador observa los fenómenos tal y como ocurren naturalmente, sin intervenir en su desarrollo.

Se puede entender como diseño de la investigación según (García & Martínez, 2008) "... el plan general del investigador para obtener respuestas a sus interrogantes o comprobar la hipótesis de investigación. El diseño de investigación desglosa las estrategias básicas que el investigador adopta para generar información exacta e interpretable."

Adicionalmente, según Julio Cabrero García y Miguel Richart Martínez (2008) explica que los tipos de diseños transversales implican la recolección de datos en un solo corte en el tiempo, mientras que los diseños longitudinales reúnen datos en dos o más momentos.

Para la presente investigación se tomará un diseño transversal, puesto que el estudio se realizará en un instante de tiempo establecido.

Por todo lo antes mencionado se puede decir que el presente trabajo especial de grado será de tipo no experimental y transversal.

3.4 Población y Muestra.

Para el desarrollo del presente Trabajo Especial de Grado (TEG), es importante definir tanto la población así como la muestra que se van a utilizar para su elaboración.

3.4.1 Población.

Se puede decir que una población es un conjunto de todos los elementos que se están estudiando, acerca de los cuales se intenta sacar conclusiones.

Para la elaboración de este trabajo especial de grado, se utilizará como población los procesos productivos que actualmente se encuentran en la Empresa.

3.4.2 Muestra.

Se puede decir que una muestra es una recolección de algunos elementos de la población.

La muestra escogida para la presente investigación, será la producción de Gabinetes ensamblados y tiempos de los procesos operativos, correspondiente al periodo comprendido entre Julio de 2014 y Mayo de 2015.

3.5 Recolección de datos.

3.5.1 Revisión documental

Hernández Sampiery (2006) nos plantea que la revisión documental es el arqueo heurístico de todo el material impreso sobre el tema a investigar o a desarrollar. Para la realización del presente trabajo se revisaron documentos tales como: data histórica proporcionada por la empresa.

3.5.2 Observación Directa

Con el fin de desarrollar la metodología para diseñar una propuesta de mejoras para los procesos productivos de una empresa productora de gabinetes de uso doméstico, se realizará en una primera instancia, una observación directa en la planta que proveerá gabinetes de uso doméstico, con la finalidad de verificar los datos históricos suministrados por la empresa. Ésta confirmación se hizo durante el periodo de un mes.

3.6 Análisis de Datos.

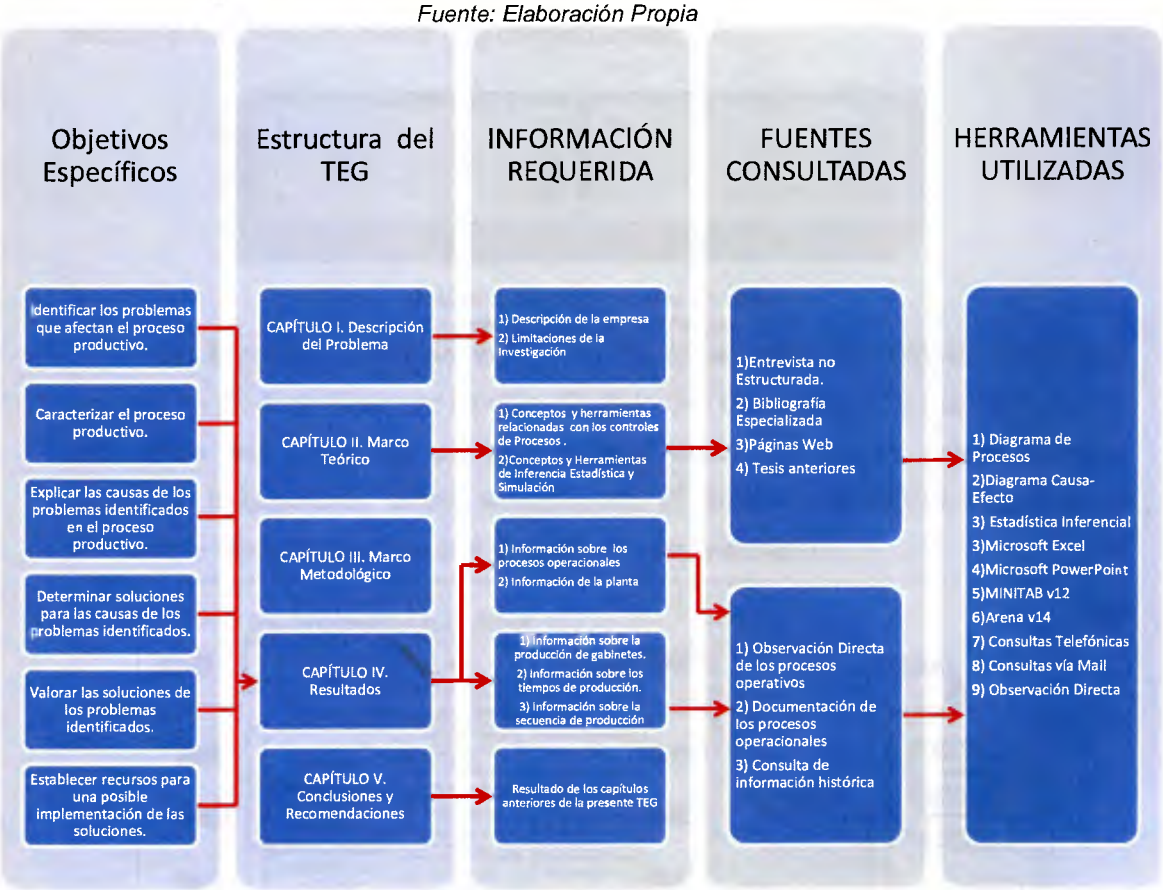
Con respecto a los datos cualitativos, que tienen el objetivo de ayudar a la comprensión de la situación actual de la empresa, así como el diagnóstico de la problemática, se usarán, el diagrama causa-efecto, y el mapa de procesos, con el fin de mostrar de forma esquemática las necesidades a solventar los problemas que se presenten.

Los datos cuantitativos se analizaran mediante los diagramas de procesos, los métodos de inferencia estadística, con ayuda del paquete estadístico MINITAB y técnicas de simulación de eventos discretos, mediante Arena v14 expuestos en las Bases Teóricas del Capítulo II.

3.7 Estructura desagregada del Trabajo Especial de Grado (EDT).

En la figura a continuación se muestra la estructura desagregada en la cual se basará el presente Trabajo Especial de Grado.

Tabla 2. Estructura Desagregada del TEG
Fuente: Elaboración Propia



CAPITULO IV

4 Caracterizar el proceso productivo

4.1 Descripción del problema

La fábrica en estudio produce muebles compuestos por secciones con unidades insertadas en la misma. El Gráfico 3 representa la apariencia de una sección. La sección de abajo posee dos unidades. La cantidad de unidades en una sección pueden variar, desde una unidad hasta doce.

Gráfico 3. Sección con dos unidades
Fuente: Elaboración Propia

Las secciones son ensambladas en dos áreas; celda A y celda G, ambas son capaces de producir cualquier mueble. Cuando una orden se envía a la celda A o G, todo sobre esa orden se produce en esa celda, las celdas actualmente no comparten trabajadores, tareas, equipos, etc. El Gráfico 4 provee un diagrama de planta de la celda A mientras que el Gráfico 5, de la celda G.

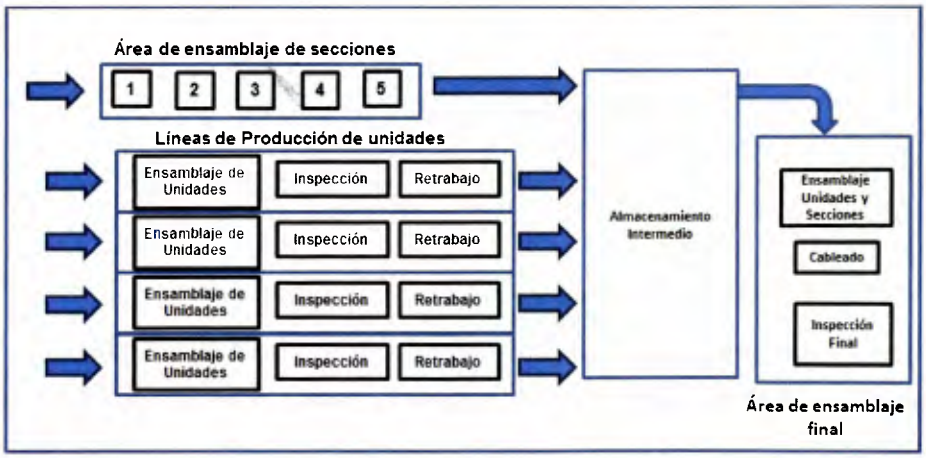


Gráfico 4. Diagrama de planta de celda A
Fuente: Elaboración Propia

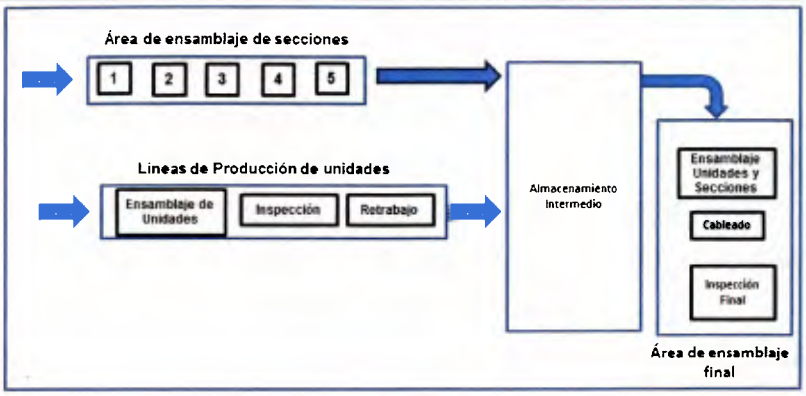


Gráfico 5. Diagrama de planta de celda G
Fuente: Elaboración Propia

Las celdas A y G poseen un área de ensamblado, donde las carcasas de las secciones son construidas. Todas las carcasas una vez construidas están vacías y esperan a sus respectivas unidades en el área de almacenamiento intermedio para continuar el ensamblaje según las especificaciones del cliente. En líneas separadas se construyen y prueban las unidades a ser insertadas, las cuales, una vez completadas, continúan al área de ensamblaje final en donde se culmina el ensamblaje, se instala el cableado y la inspección final toma lugar.

Los procesos mostrados anteriormente son realizados según el Gráfico 6. La construcción de la carcasa y las unidades se realizan en paralelo para coincidir en el ensamblaje final.

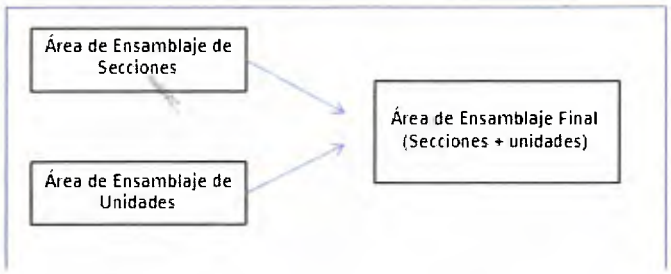


Gráfico 6. Diagrama de flujo para el ensamblaje del mueble
Fuente: Elaboración Propia

La celda A posee un (1) área de ensamblaje de secciones, cuatro (4) líneas de producción de unidades y un (1) área de ensamblaje final. Usualmente la celda G es la más rápida en su ciclo de producción, presentando un (1) área de ensamblaje de secciones, una (1) línea de producción de unidades y un (1) área de ensamblaje final para unir las secciones con las unidades, cableado e inspección.

La instalación opera 252 días al año con 15 horas de horario laboral (sin incluir sobre tiempo, comida y otros descansos). Dado que las operaciones son altamente manuales, el costo asociado a mano de obra es un tema importante para la empresa. Actualmente cerca del veinte (20) % de las horas trabajadas son sobretiempo, todos los trabajadores reciben un salario de 46,38 Bs.F la hora y un pago de ciento 150% del salario base por hora de sobretiempo, equivalente a 69,58 Bs. F; el precio de venta de un gabinete es de 9000 Bs.F.

Se estima una demanda anual de 17.040 secciones, de esta un setenta (70) % va a la celda A y el treinta (30) % restante a la celda G.

4.2 Ensamblaje de secciones

El proceso de ensamblaje de secciones consta de cinco (5) estaciones, al inicio se revisa que todas las partes estén completas, se sabe que un 97% pasa la prueba, si no se debe esperar por las piezas lo cual toma un tiempo TRIA (1 hora; 2,5 días; 30 días)[1]

Las estaciones uno y dos trabajan con una sección a la vez y presentan un operador en cada estación que trabaja de forma individual, mientras que la estación 3, posee dos operadores, los cuales pueden trabajar de forma individual o conjunta para realizar las operaciones para cada sección y la elaboración de "*Items*". El Ítem es un término utilizado durante la manufactura, que consiste en la agrupación de varias secciones, pudiendo ser en grupos de 2, 3, 4 o 6 según la siguiente tabla:

Tabla 3. Porcentaje de secciones por ítem
Fuente: Datos históricos de la empresa

Tipo de Item	Porcentaje
Item con 1 sección	10%
Item con 2 secciones	30%
Item con 3 secciones	30%
Item con 4 secciones	20%
Item con 6 secciones	10%

[1] Distribución de probabilidades Triangular de parámetros 1 hora, 2,5 días y 30 días. En el **Anexo 1** se encontrarán las funciones probabilísticas más utilizadas para la elaboración de modelos de simulación.

Gráfico 7. Item con 3 secciones, mostrando las secciones horizontalmente
Fuente: Elaboración Propia

Cabe destacar que en la estación 3, cuando se ensambla un ítem en cualquiera de sus combinaciones (número de secciones), la misma debe esperar a que llegue el conjunto requerido de secciones para completar la agrupación y que continúe el proceso de ensamblaje.

Una vez terminadas las operaciones en la estación 3, los ítems agrupados según se muestran en el Gráfico 7 ingresan a las estaciones 4 y 5 de forma secuencial, para después ser desagrupados y almacenados en el almacenamiento intermedio.

Los tiempos de trabajo de las estaciones, según los datos históricos de la empresa, son los siguientes:

Tabla 4. Tiempo de trabajo de los operarios en la linea de ensamblaje de secciones
Fuente: Datos históricos de la empresa

Número de estación	Tiempo	cantidad de operadores
1	TRIA (5; 10; 13) [minutos/ sección]	1
2	TRIA (5; 7; 13) [minutos/ sección]	1
3	TRIA (8; 10; 13) [minutos/ sección]	2
4	TRIA (8; 15; 20) [minutos/ item]	1
5	TRIA (5; 20; 120) [minutos/ item]	1

La línea de ensamblaje de secciones completa presenta una capacidad de 9 operadores por turno, sin embargo como se puede evidenciar en la tabla anterior, no se encuentra actualmente a plena capacidad.

Antes de la construcción de las secciones, las partes necesarias para su ensamblaje se reúnen y en entregan al área de ensamblaje, sólo un 4% de la veces no se encuentran disponibles todas las partes tanto en las celda G como en la A, si todas las partes no están disponibles los operadores continuarán con la siguiente orden en la cola, por lo general las piezas faltantes tardan en llegar con una distribución TRIA(1 hora; 5 días; 30 días) y una vez que las piezas llegan, la orden se coloca al principio de la cola; también existe un problema con partes erróneas

llegando al ensamblaje, un 3% de las ocasiones las partes de las secciones viene equivocadas y el operador coloca la sección aparte y ordena la pieza correcta la cual suele tardar TRIA (1 hora; 2,5 días; 30 días).

4.3 Ensamblaje y prueba de unidades

Para cada sección hay un número específico de unidades que se deben construir. Las secciones pueden poseer de 1 a 12 unidades. Usualmente hay 4 unidades por sección. Cuando se emite una orden para el ensamblaje de una sección también se emite la orden de ensamblaje de sus correspondientes unidades.

Las partes requeridas para el ensamblaje de unidades están previamente reunidas y disponibles en la estación de ensamblaje, sin embargo, el 100% de las partes requeridas no siempre están completas, evidenciándose en el siguiente gráfico:

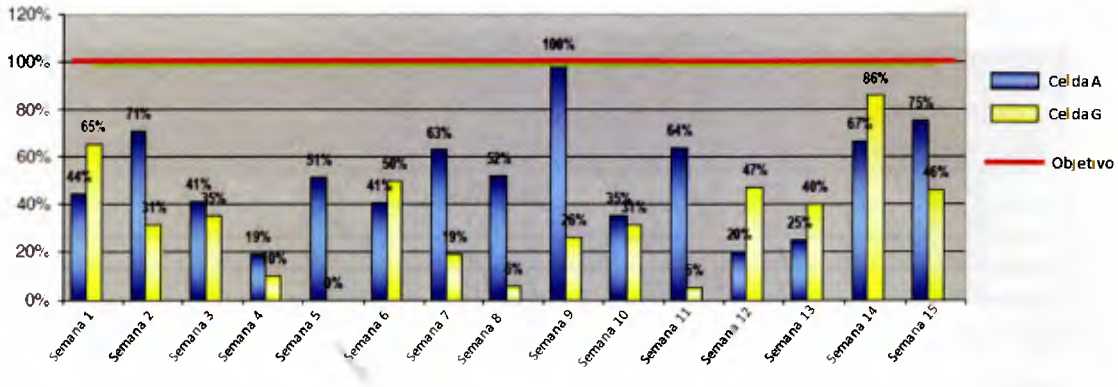


Gráfico 8. Porcentaje de partes para el ensamblaje de unidades que no están completas por semana. Fuente: Datos históricos de la empresa, durante 15 semanas

Si las piezas no están completas no se ensambla la unidad y se continúa con la siguiente en la cola, toma un tiempo TRIA (1; 5; 30) días para que llegue las piezas faltantes. Igualmente hay problemas, pues llegan partes erróneas al ensamblaje de unidades. Esto ocurre el 3% de las veces y se descubre antes del ensamblaje; las piezas correctas tardan en llegar un tiempo que sigue una distribución TRIA (1; 2,5; 30) días. Una vez recibidas las piezas correctas, otro problema son los cambios de ingeniería, lo cual impacta a un 10% de las unidades y toma 24 horas en determinar los ajustes y piezas necesarias para el cambio y luego

3 días para completar los cambios. Estos cambios se identifican antes del ensamblaje.

La celda G contiene una línea de ensamblaje de unidades mientras que la celda A contiene cuatro (4) y las órdenes se toman usualmente por orden de llegada. Es de destacar que actualmente, todas las unidades pertenecientes a una sección se manufacturan en la misma línea. En donde, al principio de cada línea, se encuentran las estanterías que contienen las piezas para ser usadas en el ensamblaje y los operarios realizan la inspección de piezas y herramientas.

Seguidamente continúa el ensamblaje y el cableado de las unidades en la primera estación, son sometidas a un control de calidad en el cual un 90% pasa la prueba. Si no pasa la prueba, la unidad es llevada a una estación de retrabajo ubicado al final de la línea, el cual posee un operador especializado.

Las unidades tienen varios niveles de complejidad puesto que no todas son iguales, existen cuatro niveles de complejidad y se representan en la siguiente tabla.

Tabla 5. Tiempos de ensamblaje, prueba y retrabajo del ensamblaje de unidades en las celdas A y G
Fuente: Datos históricos de la empresa

Nivel de Complejidad	Celda A [%]	Celda B [%]	Tiempo de ensamblaje [horas]	Tiempo de prueba de calidad [horas]	Tiempo de retrabajo [minutos]
1	30%	45%	0,75 – 1,5	0,15 – 0,3	5 - 30
2	53%	55%	1,6 – 4	0,15 – 0,3	5 - 30
3	14%	0%	4,1 – 7	0,15 – 0,3	5 - 30
4	3%	0%	7,1 - 13	0,15 – 0,3	5 - 30

Los operarios de la celda A están organizados en 4 equipos divididos entre las 4 líneas. Actualmente cada línea tiene una capacidad de 12 operarios por equipo mientras que la celda G tiene una capacidad de 22 operarios, estando actualmente a máxima capacidad.

Las estaciones de control de calidad pueden atender a cualquier línea contenida dentro de la misma celda y el actual número de operarios y capacidades de la estación se reflejan en el cuadro a continuación.

Tabla 6. Cantidad actual y capacidad máxima de operadores en la estación de inspección en las celdas A y G
Fuente: Elaboración Propia

	Celda A	Capacidad	Celda G	Capacidad
Estación de Inspección	3	4	2	2

Las secciones y sus unidades correspondientes llegan al ensamblaje final, cuando todas las unidades están completas y han pasado el control de calidad.

4.4 Ensamblaje final

La estación de ensamblaje final presenta un espacio limitado antes de su primera estación de trabajo (ensamblaje de unidades y secciones) pues sólo se pueden almacenar 20 secciones para la celda A y 5 secciones para la celda G. En caso de excederse estas cantidades, las operaciones en las líneas de ensamblaje de secciones se detendrán hasta bajar el nivel de inventario en proceso.

Luego del ensamblaje de unidades y secciones, se insertan las puertas y un cableado final los cuales son realizados por operarios expertos para luego pasar a un control de calidad final, del cual un 10% no pasa la prueba y es enviado dependiendo del tipo de error al operario experto correspondiente, un 80% de las fallas se debe a problemas de cableado, el resto se asocia a problemas generales.

En los anexos se pueden encontrar los diagramas de flujo de proceso (Anexo 2) y los diagramas del proceso de manufactura (Anexo 3)

Realizada la descripción del sistema, se elaboró un modelo de simulación caracterizado en el Anexo 4 siendo construido mediante el paquete de simulación Arena v14. La descripción de la construcción del modelo presenta una correspondencia con la descripción del proceso productivo.

4.5 Validación del Modelo

Una vez construido el modelo, es necesario presentar su validación. Lo que consiste en determinar si el modelo es una buena representación del sistema real. Para realizar la validación del modelo de simulación, se utilizó una prueba estadística para dos muestras independientes con varianzas desconocidas, que consiste en comparar los resultados obtenidos de la simulación contra los datos observados reales. En este estudio se usó como medida de desempeño en la validación del modelo, la cantidad de gabinetes producidos en un mes por el sistema.

A continuación se plantearon la hipótesis nula (H_0) y la hipótesis alterna (H_1):

H_0: $\mu_x = \mu_y$ (La media de los datos reales observados es igual a la media de los datos del modelo de simulación).

H_1: $\mu_x \neq \mu_y$ (La media de los datos reales observados es diferente a la media de los datos del modelo de simulación).

Para el contraste de hipótesis se utilizaron los resultados de 12 replicaciones del modelo de simulación, fijando un nivel de confianza del 5%. Los resultados obtenidos fueron los siguientes.

Tabla 7. Validación del modelo mediante el contraste de una prueba t de dos muestras
Fuente: Elaboración Propia, mediante MINITAB v16

	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Simulación	12	1329.6	69.8	20
Real	12	1365.9	66.5	19

Diferencia = mu (Simulación) − mu (Real)
Estimado de la diferencia: -36.4
IC de 95% para la diferencia: (-94.3, 21.5)
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = -1.31 Valor P = 0.206 GL = 21

Con lo cual se puede concluir, que no existen evidencias muestrales que permitan concluir que la media de los datos reales observados es diferente a la media de los datos del modelo de simulación. Por lo cual, el modelo ha sido validado.

5 Identificar los problemas (factores) que afectan el proceso productivo

Con el propósito de entender la situación de la empresa, se realizaron entrevistas no estructuradas al personal de empresa, siendo confirmado mediante la observación directa de los procesos.

La información obtenida fue utilizada para realizar un diagrama causa – efecto (Ishikawa), el cual muestra las causas para la situación que la empresa desea mejorar.

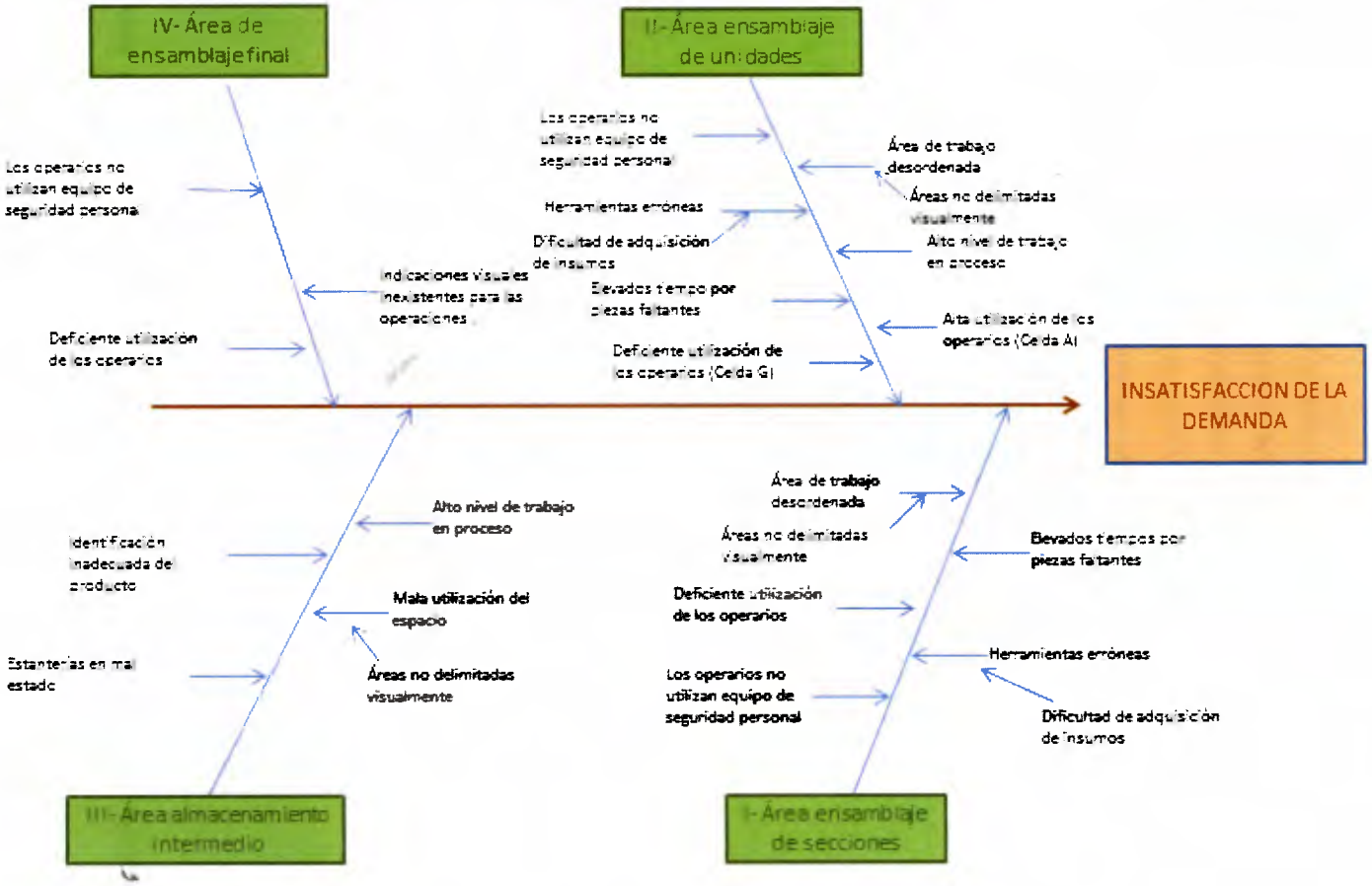


Gráfico 9. Diagrama causa-efecto, celda A y celda G
Fuente: Elaboración Propia

6 Explicación de las causas de los problemas asociados al proceso productivo

Actualmente la empresa estima una demanda promedio de 1420 gabinetes al mes. La producción de la empresa es medida en secciones terminadas con unidades insertadas, producidas en un mes. Los datos históricos de la empresa para la realización del análisis están comprendidos durante el periodo Julio 2014 hasta Junio 2015.

Tabla 8. Producción Mensual de gabinetes terminados
Fuente: Elaboración Propia, a partir de datos proporcionados por la empresa

Fecha	Producción (secciones/mes)
jul-14	1237
ago-14	1240
sep-14	1228
oct-14	1192
nov-14	1374
dic-14	1335
ene-15	1264
feb-15	1362
mar-15	1364
abr-15	1169
may-15	1340
jun-15	1205
Promedio	**1276**
Desv. estándar	**75**

Es importante conocer si la producción mensual es capaz de satisfacer la demanda, por lo cual realizaremos el siguiente contraste de hipótesis: la hipótesis nula (H_0) secciones producidas por el proceso es capaz de superar la demanda (1420 secciones/mes), en contraste con la hipótesis alterna (H_1) la capacidad del proceso es inferior a la demanda (1420 secciones/mes).

$$H_0 : Producción \geq 1420 \frac{secciones}{mes}$$

$$H_1 : Producción < 1420 \frac{secciones}{mes}$$

La prueba de hipótesis se realizará mediante una prueba t, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 9. Prueba de Hipótesis de una muestra
Fuente: Elaboración Propia, mediante MINITAB v16

T de una muestra: secciones

Prueba de mu >= 1420 vs. < 1420

Variable	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite superior 95%	T	P
secciones	11	1269.6	74.6	22.5	1310.4	-6.68	0.000

Según el p valor de la prueba (se evidencia en la imagen en "P".), se puede concluir que existen evidencias muestrales, a un nivel de significación del 5%, que demuestran que la producción es inferior a la demanda promedio, siendo el sistema incapaz de satisfacer la demanda.

Para alcanzar las metas de producción debemos obtener un valor referencial. Lo cual se muestra a continuación:

Tabla 10. Tiempo Takt, en minutos, necesarios para satisfacer la demanda celda A y celda G
Fuente: Elaboración Propia

Celda	Tiempo Takt (minutos)
A	23
G	53

Sin embargo, los tiempos entre secciones producidas promedio de cada celda se presentan a continuación:

Tabla 11. Paso de producción actual promedio, en minutos, en celda A y celda G
Fuente: Elaboración Propia

Celda	Tiempo entre secciones producidas (minutos)
A	26
G	56

Con lo cual se puede apreciar que ninguna de las dos celdas satisface los requerimientos de la demanda, siendo necesaria la reducción del tiempo total del ciclo, a través de la reducción de desperdicios.

6.1 Análisis celda A

A continuación se muestra el tiempo del ciclo de una sección en la celda A, en horas, representando en promedio alrededor de 25 días la realización de una sección con todas las unidades insertadas.

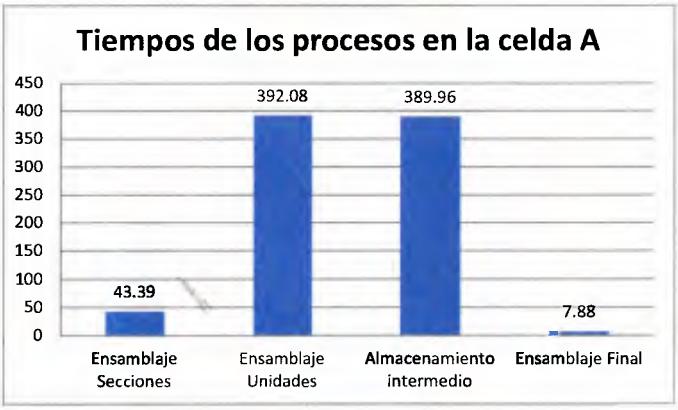
Tabla 12. Tiempo total del ciclo, en horas y el Semi Intervalo de confianza, para la celda A
Fuente: Elaboración Propia

Celda	Tiempo promedio (horas)	Límite Inferior	Límite Superior
A	448.42	367.29	529.55

En el gráfico a continuación se muestran los procesos y los tiempos de ciclo promedio para cada uno de los procesos dentro de la celda A.

Gráfico 10. Procesos involucrados para la producción de secciones en la Celda A
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13. Tiempos de los procesos de ensamblaje y almacenamiento intermedio, Celda A
Fuente: Elaboración Propia



En el gráfico anterior, los mayores tiempos están representados por el ensamblaje de unidades y el almacenamiento intermedio. El almacenamiento intermedio se encuentra precedido por el ensamblaje de secciones y el ensamblaje de unidades, por lo cual, podemos formular la siguiente interrogante *¿Cuál de los procesos precedentes presenta un mayor impacto en el almacenamiento intermedio?*

La interrogante anterior se puede resolver a través de la siguiente tabla, la cual muestra los coeficientes de correlación entre los tres procesos (ensamblaje de secciones, ensamblaje de unidades y el almacenamiento intermedio) mediante los tiempos promedios en esos procesos a través de 12 replicaciones, mostrando lo siguiente

Tabla 14. Coeficientes de Correlación para ensamblaje de secciones, unidades y almacenamiento intermedio. Fuente: Elaboración Propia

	Ensamblaje Secciones	*Ensamblaje Unidades*	*Almacenamiento Intermedio*
Ensamblaje Secciones	1.000		
Ensamblaje Unidades	0.164	1.000	
Almacenamiento Intermedio	0.227	0.979	1.000

El cuadro anterior muestra que el almacenamiento intermedio y el ensamblaje de unidades se encuentran correlacionados positivamente (ρ = 0.979), lo cual significa que a medida que aumenta el tiempo promedio de ensamblaje de unidades, el tiempo en el almacenamiento intermedio aumenta. Sin embargo, el almacenamiento de secciones y almacenamiento intermedio presentan una correlación débil (ρ=0.227). Siendo necesario para reducir el tiempo de ciclo en la celda A, enfocar las estrategias en la reducción en el tiempo de ensamblaje de unidades, el cuál disminuirá el tiempo en el almacenamiento intermedio, al estar correlacionados.

Una vez realizado el análisis anterior ¿Cuáles serían las principales componentes del tiempo en los distintos procesos de ensamblaje en la celda A?

6.2 Proceso de ensamblaje de secciones

A continuación se muestra un Diagrama de Pareto mostrando los tiempos promedios en horas para los procesos dentro del ensamblaje de secciones.

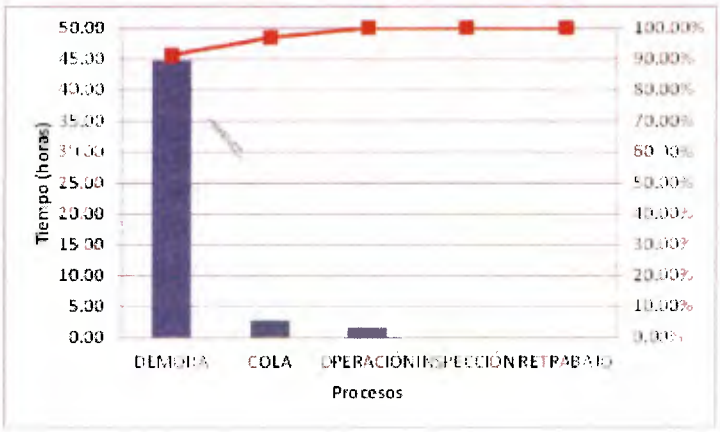


Gráfico 11. Diagrama de Pareto de la sección de ensamblaje Fuente: Elaboración Propia

Es posible evidenciar que las demoras superan el 80% del tiempo del ciclo de la línea, representando alrededor de 45 horas. Sin embargo, a continuación se detallan los tiempos que conforman los procesos.

Tabla 15. Tiempos promedio de los procesos de ensamblaje de secciones
Fuente: Elaboración Propia

Procesos	Procesos detallados	Tiempo promedio (horas)	Porcentaje
DEMORA	Demora por piezas faltantes, previo a la estación 1	14.07	29%
	Demora por piezas faltantes, previo a la estación 5	8.45	17%
	Demora por piezas faltantes, previo a la estación 3	7.59	15%
	Demora por piezas faltantes, previo a la estación 2	7.37	15%
	Demora por piezas faltantes, previo a la estación 4	7.28	15%
COLA	Espera para la estación 1	1.02	2%
	Espera para la estación 3	0.91	2%
	Espera para la estación 5	0.84	2%
	Espera para la estación 2	0.01	0%
	Espera para la estación 4	0.00	0%
OPERACIÓN	Operación estación 5	0.81	2%
	Operación estación 4	0.24	0%
	Operación estación 3	0.17	0%
	Operación estación 1	0.16	0%
	Operación estación 2	0.14	0%

Las altas demoras por concepto de piezas faltantes pueden impactar las utilizaciones de los recursos, siendo una posible causa para tiempos no productivos. Por lo tanto, se muestran a continuación las estadísticas referentes a la utilización de los recursos del proceso de ensamblaje de secciones.

Tabla 16. Cantidad y utilización de los recursos en las operaciones de ensamblaje de secciones
Fuente: Elaboración Propia

Operarios	Cantidad	Utilización promedio	Límite Inferior	Límite Superior
Operarios Estacion 1	1	41%	37%	45%
Operarios Estacion 2	1	36%	33%	39%
Operarios Estacion 3	2	22%	21%	23%
Operarios Estacion 4	1	21%	19%	23%
Operarios Estacion 5	1	68%	64%	72%

La tabla anterior muestra una subutilización de los recursos desde la estación 1 hasta la estación 4, lo cual concuerda con los bajos tiempos de espera en cola obtenidos anteriormente. Sin embargo, la estación 5 presenta una utilización aceptable.

6.3 Proceso de ensamblaje de unidades

A continuación se muestra un Diagrama de Pareto mostrando los tiempos promedios en horas para los procesos dentro del ensamblaje de unidades.

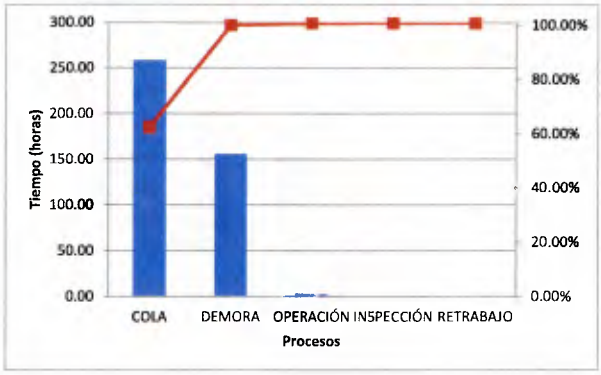


Gráfico 12. Diagrama de Pareto para la línea 1 de ensamblaje de unidades
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17. Tiempo promedio, en horas, para el ensamblaje de una unidad en la línea 1
Fuente: Elaboración Propia

Procesos	Procesos detallados	Tiempo promedio (horas)	Porcentaje
DEMORA	Demora	152.92	36.88%
OPERACIÓN	Ensamblaje de Unidades	2.89	0.70%
COLA	Espera para el ensamblaje de unidades	258.55	62.36%
	Espera operación retrabajo	0.01	0.00%
	Espera para la Inspección	0	0.00%
INSPECCIÓN	Inspección	0.23	0.05%
RETRABAJO	Retrabajo	0.03	0.01%

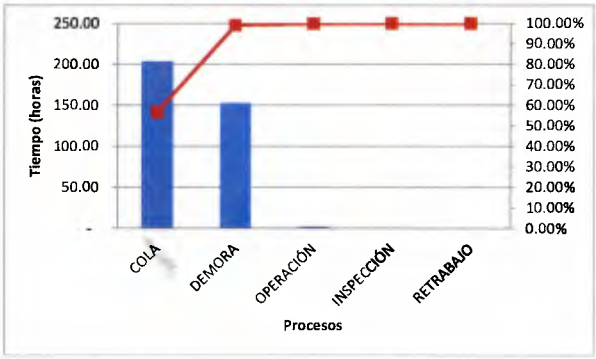


Gráfico 13. Diagrama de Pareto para la línea 2 de ensamblaje de unidades
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18. Tiempo promedio, en horas, para el ensamblaje de una unidad en la línea 2
Fuente: Elaboración Propia

Procesos	Procesos detallados	Tiempo promedio (horas)	Porcentaje
DEMORA	Demora	152.68	42.42%
OPERACIÓN	Ensamblaje de Unidades	2.89	0.80%
COLA	Espera para el ensamblaje de unidades	204.05	56.70%
	Espera operación retrabajo	0.01	0.00%
	Espera para la Inspección	0.00	0.00%
INSPECCIÓN	Inspección	0.23	0.06%
RETRABAJO	Retrabajo	0.03	0.01%

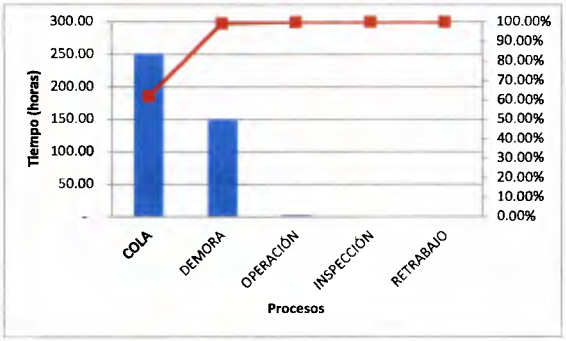


Gráfico 14.Diagrama de Pareto para la línea 3 de ensamblaje de unidades
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 19. Tiempo promedio, en horas, para el ensamblaje de una unidad en la línea 3
Fuente: Elaboración Propia

Procesos	Procesos detallados	Tiempo promedio (horas)	Porcentaje
DEMORA	Demora	151.34	37.26%
OPERACIÓN	Ensamblaje de Unidades	2.89	0.71%
COLA	Espera para el ensamblaje de unidades	251.71	61.97%
	Espera operación retrabajo	0.01	0.00%
	Espera para la Inspección	0.00	0.00%
INSPECCIÓN	Inspección	0.23	0.06%
RETRABAJO	Retrabajo	0.03	0.01%

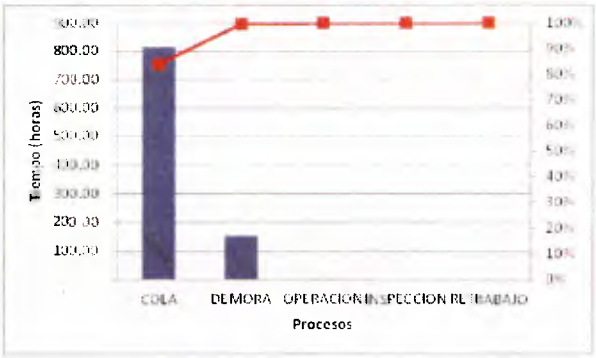


Gráfico 15. Diagrama de Pareto para la línea 4 de ensamblaje de unidades
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20. Tiempo promedio, en horas, para el ensamblaje de una unidad en la línea 4
Fuente: Elaboración Propia

Procesos	Procesos detallados	Tiempo promedio (horas)	Porcentaje
DEMORA	Demora	154.04	15.84%
OPERACIÓN	Ensamblaje de Unidades	2.89	0.30%
COLA	Espera para el ensamblaje de unidades	815.00	83.83%
	Espera operación retrabajo	0.01	0.00%
	Espera para la Inspección	0.00	0.00%
INSPECCIÓN	Inspección	0.23	0.02%
RETRABAJO	Retrabajo	0.03	0.00%

En el proceso de ensamblaje de unidades, las unidades presentan la mayor cantidad de tiempo en cola y en demoras, representando entre los dos procesos cerca del 100% del tiempo del ciclo, lo cual equivale a 400 horas o 23 días de tiempo dedicado a esperas en colas o demoras por insumos faltantes.

Las altas demoras por concepto de piezas faltantes y colas de espera pueden impactar las utilizaciones de los recursos, siendo una posible causa para tiempos no productivos. Por lo tanto, se muestran a continuación las estadísticas referentes a la utilización de los recursos del proceso de ensamblaje de unidades.

Tabla 21. Cantidad y Utilización de los recursos en las operaciones de ensamblaje de unidades de la línea 1
Fuente: Elaboración Propia

Operarios	Cantidad	Utilización Promedio	Límite Inferior	Límite Superior
Operarios Estación Ensamblaje unidades	9	97%	92%	100%
Operarios Inspección	3	23%	22%	24%
Operarios Retrabajo	1	9%	8%	10%

Tabla 22. Cantidad y Utilización de los recursos en las operaciones de ensamblaje de unidades de la línea 2
Fuente: Elaboración Propia

Operarios	Cantidad	Utilizació promedio	Límite Inferior	Límite Superior
Operarios Estación Ensamblaje unidades	9	98%	93%	100%
Operarios Inspección	3	23%	22%	24%
Operarios Retrabajo	1	9%	8%	10%

Tabla 23. Cantidad y Utilización de los recursos en las operaciones de ensamblaje de unidades de la línea 3
Fuente: Elaboración Propia

Operarios	Cantidad	Utilización Promedio	Límite Inferior	Límite Superior
Operarios Estación Ensamblaje unidades	9	98%	93%	100%
Operarios Inspección	3	23%	22%	24%
Operarios Retrabajo	1	9%	9%	9%

Tabla 24. Cantidad y Utilización de los recursos en las operaciones de ensamblaje de unidades de la línea 4
Fuente: Elaboración Propia

Operarios	Cantidad	Utilización Promedio	Límite Inferior	Límite Superior
Operarios Estación Ensamblaje unidades	9	98%	93%	100%
Operarios Inspección	3	23%	22%	24%
Operarios Retrabajo	1	9%	9%	9%

A pesar de las demoras, el porcentaje de utilización en el proceso de ensamblaje de unidades es cercano al 100%, lo cual concuerda con los tiempos elevados de espera en cola para ésta operación (alrededor de 20 días de espera en cola, en promedio).

Una posible causa para las altas utilizaciones, es una asignación inadecuada de las unidades con distintos nivel de complejidad a cada línea de ensamblaje.

6.4 Almacenamiento Intermedio

Como se observó previamente, las horas de demora por piezas faltantes y tiempos de espera en cola, generan un tiempo de ciclo para el proceso de ensamblaje de unidades lo suficientemente elevado como para causar días de almacenamiento en proceso. A continuación la cantidad de secciones y tiempo en almacenamiento.

Tabla 25. Tiempo de ciclo y cantidad de secciones en el Almacenamiento Intermedio
Fuente: Elaboración Propia

Unidad de Medición	Promedio	Límite Inferior	Límite Superior
Tiempo (horas)	389.96	311.16	468.76
Cantidad (secciones)	972	774	1170

Lo cual muestra un desbalanceo entre las líneas de ensamblaje de unidades y la línea de ensamblaje de secciones, siendo necesario mejorar el flujo de materiales a través de la celda.

Las líneas de ensamblaje de secciones y unidades realizan las revisiones y pedidos de piezas faltantes de forma independiente, por lo cual, las órdenes no llegan al mismo tiempo a los procesos de ensamblaje. Por lo tanto, se puede cuantificar la posibilidad de realizar los pedidos por piezas faltantes simultáneamente para los procesos de ensamblaje de unidades y secciones, previamente a cualquier operación.

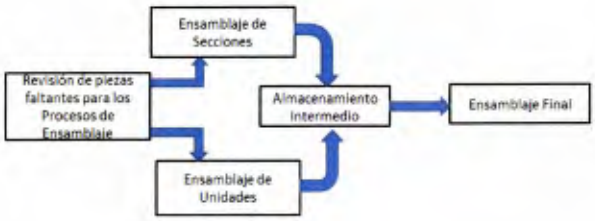


Gráfico 16. Diagrama explicativo de la propuesta, celda G
Fuente: Elaboración Propia

6.5 Proceso de Ensamblaje Final

A continuación se muestran los tiempos promedios en horas para cada proceso dentro de cada línea en la tabla y gráfico siguiente, para el ensamblaje de sección.

Tabla 26. Tiempos promedios procesos ensamblaje final, línea 1
Fuente: Elaboración Propia

Procesos	Procesos detallados	Tiempo promedio (horas)	Porcentaje
COLA	Espera para ensamblaje de unidades y secciones	1.73	21%
	Espera Inspección	0.04	0%
	Espera cola retrabajo	0.01	0%
	Espera cableado	0.00	0%
OPERACIÓN	Ensamblaje unidades y secciones	3.68	46%
	Cableado	1.84	23%
INSPECCIÓN	Inspección	0.61	8%
RETRABAJO	Retrabajo	0.14	2%

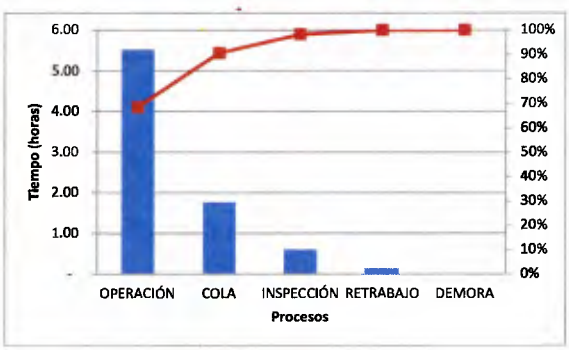


Gráfico 17. Diagrama de Pareto para la línea 1 de ensamblaje final
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 27. Tiempos promedios procesos ensamblaje final, línea 2
Fuente: Elaboración Propia

Procesos	Procesos Detallados	Tiempo promedio (horas)	Porcentaje
COLA	Espera para el Ensamblaje de Unidades y Secciones	1.51	19%
	Espera Inspección	0.04	1%
	Espera cola Retrabajo	0.01	0%
	Espera Cableado	0.00	0%
INSPECCIÓN	Inspección	0.61	8%
OPERACIÓN	Ensamblaje unidades y secciones	3.68	47%
	Cableado	1.84	23%
RETRABAJO	Retrabajo	0.14	2%

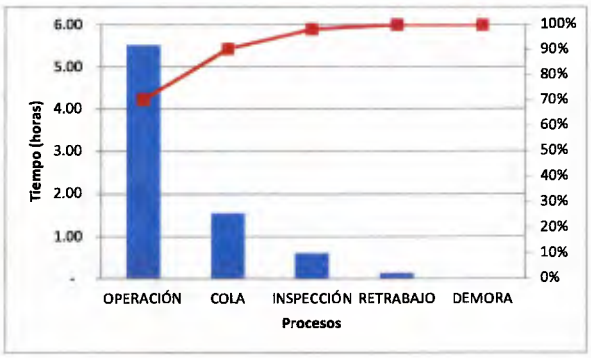


Gráfico 18. Diagrama de Pareto para la línea 2 de ensamblaje final
Fuente: Elaboración Propia

Con base a las Tabla 26 y Tabla 27, se puede observar que los tiempos promedios en cola para la línea 1 y la línea 2, en el ensamblaje final, son de 22% y 20% del tiempo total, respectivamente. El resto del tiempo total se dedica principalmente a procesos que agregan valor. Por lo tanto, puesto que los tiempos de espera en cola son comparativamente reducidos, es de esperar bajas o adecuadas utilizaciones de los recursos, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 28. Cantidad y Utilización de los operarios en la línea 1 de ensamblaje final
Fuente: Elaboración Propia

Operario	Cantidad	Utilización promedio	Límite Inferior	Límite Superior
Operario Ensamblaje unidades y secciones	5	76%	64%	88.00%
Operario Cableado	8	24%	20.0%	28.00%
Operario Inspección	2	32%	27.00%	37.00%
Operario Retrabajo	2	12%	10.0%	14.00%

Tabla 29. Cantidad y Utilización de los operarios en la línea 2 de ensamblaje final
Fuente: Elaboración Propia

Operario	Cantidad	Utilización promedio	Límite Inferior	Límite Superior
Operario Ensamblaje unidades y secciones	5	79%	67%	91.00%
Operario Cableado	8	25%	21.0%	29.00%
Operario Inspección	2	33%	28.00%	38.00%
Operario Retrabajo	2	12%	10.0%	14.00%

Los operarios que presentan una mayor utilización son aquellos dedicados al ensamblaje de secciones y unidades, sin embargo, puede ser considerada como una utilización aceptable; el resto de los recursos presentan bajas utilizaciones y más de un operario en la estación de trabajo, por lo cual puede existir desperdicios por mano de obra ociosa, pudiendo ser de esta forma reubicado a zonas con utilizaciones mayores.

6.6 Trabajo en Proceso de la Celda A

A partir de la información proporcionada por la empresa y las simulaciones, ha sido posible determinar el trabajo en proceso encontrado en los distintas áreas de la celda G, las cuales se muestran a continuación.

Tabla 30. Trabajo en proceso promedio de la celda A
Fuente: Elaboración Propia

Celda	Proceso	Secciones	Unidades
Celda A	Ensamblaje Secciones	1930	
	Ensamblaje Unidades		6500
	Almacenamiento Intermedio	980	100
	Ensamblaje Final	17	
Total		2927	6600

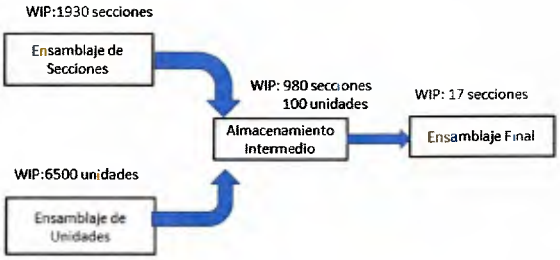


Gráfico 19. Diagrama mostrando el trabajo en proceso (WIP) en los principales procesos, en la Celda A
Fuente: Elaboración Propia

6.7 Análisis celda G

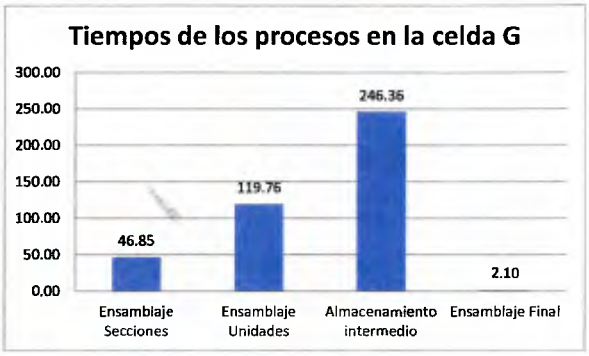
A continuación se muestra el tiempo del ciclo de una sección en la celda G, en horas, representando en promedio alrededor de 17 días para ensamblar un gabinete.

Tabla 31. Tiempo total del ciclo, en horas, de la celda G
Fuente: Elaboración Propia

Celda	Tiempo promedio (horas)	Límite Inferior	mite Superior
G	295.33	265.02	325.64

A continuación se muestran los procesos y los tiempos promedio los tiempos de ciclo promedio dentro de la celda G.

Tabla 32. Tiempos de los procesos de ensamblaje y almacenamiento intermedio, celda G
Fuente: Elaboración Propia



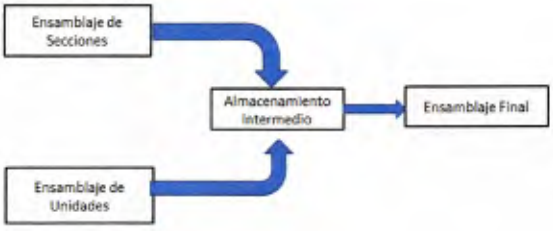


Gráfico 20. Procesos involucrados para la producción de secciones en la celda G
Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico anterior, los mayores tiempos están representados por el ensamblaje de unidades y el almacenamiento intermedio. El almacenamiento intermedio se encuentra precedido por el ensamblaje de secciones y el ensamblaje de unidades, por lo cual, podemos formular la siguiente interrogante *¿Cuál de los procesos precedentes presenta un mayor impacto en el almacenamiento intermedio?.*

La interrogante anterior se puede resolver a través de la siguiente tabla, la cual muestra los coeficientes de correlación entre los tres procesos (ensamblaje de secciones, ensamblaje de unidades y el almacenamiento intermedio) mediante los tiempos promedios en esos procesos a través de 12 replicaciones, mostrando lo siguiente

Tabla 33. Coeficientes de Correlación para ensamblaje de secciones, unidades y almacenamiento intermedio. Fuente: Elaboración Propia

	Ensamblaje de Unidades	*Ensamblaje de Secciones*	*Almacenamiento Intermedio*
Ensamblaje de Unidades	1		
Ensamblaje de Secciones	0,60	1,00	
Almacenamiento Intermedio	0,89	0,61	1

El cuadro anterior muestra que el almacenamiento intermedio y el ensamblaje de unidades se encuentran correlacionados positivamente (ρ = 0.89), lo cual significa que a medida que aumenta el tiempo promedio de ensamblaje de unidades, el tiempo en el almacenamiento intermedio aumenta. Sin embargo, el almacenamiento de secciones y almacenamiento intermedio no presentan una correlación tan fuerte (ρ=0.61). Siendo necesario para reducir el tiempo de ciclo en la celda A, enfocar las estrategias en la reducción en el tiempo de ensamblaje de unidades, tomando a su vez en cuenta el tiempo de ensamblaje de secciones.

Una vez realizado el análisis anterior ¿Cuáles serían las principales causas del tiempo en los distintos procesos de ensamblaje en la celda G?

6.8 Proceso de ensamblaje de secciones

A continuación se muestran los tiempos promedios, en horas, para cada proceso dentro del ensamblaje de secciones en la tabla y gráfico siguiente

Gráfico 21. Diagrama de Pareto para el ensamblaje de secciones, celda G Fuente: Elaboración Propia

Tabla 34. Tiempos promedio de los procesos de ensamblaje de secciones, celda G
Fuente: Elaboración Propia

Procesos	Procesos Detallados	Tiempo promedio (horas)	Porcentaje
COLA	Espera Estación 5	0.09	0%
	Espera Estación 1	0.00	0%
	Espera Estación 2	0.00	0%
	Espera Estación 3	0.00	0%
	Espera Estación 4	0.00	0%
DEMORA	Demora por piezas faltantes, previo a la Estación 1	14.64	32%
	Demora para piezas faltantes, previo a la Estación 4	8.66	19%
	Demora para piezas faltantes, previo a la Estación 3	7.20	16%
	Demora para piezas faltantes, previo a la Estación 5	6.63	15%
	Demora para piezas faltantes, previo a la Estación 2	6.38	14%
OPERACIÓN	Operación Estación 5	0.81	2%
	Operación Estación 4	0.24	1%
	Operación Estación 3	0.17	0%
	Operación Estación 1	0.16	0%
	Operación Estación 2	0.14	0%

En el proceso de ensamblaje de secciones se emplea cerca de un 96% del tiempo para atender las demoras ocasionadas por partes faltantes para la elaboración de las secciones, representando alrededor de 43 horas en demoras por piezas faltantes.

A continuación se representan las estadísticas referentes a la utilización de los recursos del proceso de ensamblaje de secciones.

Tabla 35. Cantidad y Utilización de los recursos en las operaciones de ensamblaje de secciones, celda G
Fuente: Elaboración Propia

Operarios	Cantidad	Utilización Promedio	Límite Inferior	Límite Superior
Operarios Estación 1	1	17%	16%	18%
Operarios Estación 2	1	15%	14%	16%
Operarios Estación 3	2	9%	0%	18%
Operarios Estación 4	1	9%	0%	18%
Operarios Estación 5	1	29%	0%	58%

La tabla anterior muestra una subutilización de los recursos, lo cual concuerda con los bajos tiempos de espera en cola obtenidos anteriormente. Siendo una posibilidad, bajo las condiciones actuales, la reubicación de personal para balancear de la utilización.

6.9 Proceso de ensamblaje de unidades

A continuación se muestran los tiempos promedios en horas para cada proceso dentro de la Línea de ensamblaje de unidades.

Tabla 36. Tiempos promedio, en horas, para el ensamblaje de una unidad, celda G
Fuente: Elaboración Propia

Procesos	Procesos detallados	Tiempo promedio (horas)	Porcentaje
COLA	Espera para la inspección	0.28	0.2%
	Espera para el ensamblaje de unidades	0.22	0.2%
	Espera operación retrabajo	0.03	0.0%
DEMORA	Demora, previo al ensamblaje de unidades	117.02	97.0%
INSPECCIÓN	Inspección	0.23	0.2%
OPERACIÓN	Ensamblaje de unidades	2.89	2.4%
RETRABAJO	Retrabajo	0.03	0.0%

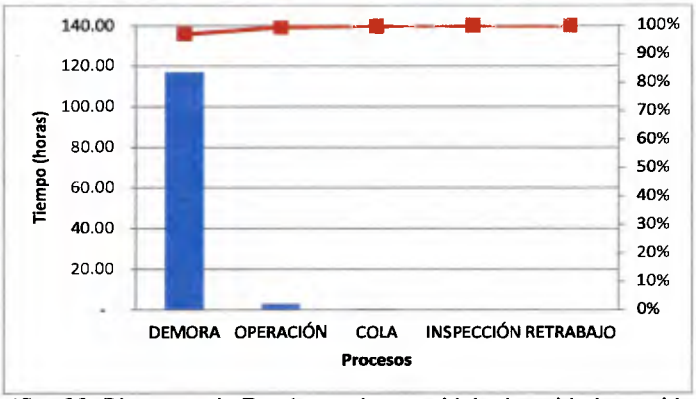


Gráfico 22. Diagrama de Pareto en el ensamblaje de unidades, celda G
Fuente: Elaboración Propia

En el proceso de ensamblaje de unidades se observa la mayor cantidad de tiempo en demoras, representando el 97% del tiempo empleado en el proceso de ensamblaje de unidades, lo cual equivale a 117 horas o 7 días de tiempo dedicado a demoras por insumos faltantes. Sin embargo, a pesar de las demoras en las unidades, obtuvimos las utilizaciones siguientes.

Tabla 37. Cantidad y Utilización de los recursos en las operaciones de ensamblaje de unidades, celda G
Fuente: Elaboración Propia

Operarios	Cantidad	Utilización Promedio	Límite Inferior	Límite Superior
Operario Estación Ensamblaje Unidades	19	65%	56%	74%
Operarios Inspección	2	68%	59%	77%
Operarios Retrabajo	1	17%	15%	19%

Para los operarios en la estación ensamblaje de unidades e Inspección, encontramos una utilización aceptable, sin embargo, presenta el ´potencial para ser aumentada para un mayor aprovechamiento. Sin embargo el operario ubicado en el retrabajo se encuentra subutilizado.

6.10 Almacenamiento Intermedio

Como se observó previamente, las horas de demora por piezas faltantes y tiempos de espera en cola, generan un tiempo de ciclo para el proceso de ensamblaje de unidades lo

suficientemente elevado como para causar días de almacenamiento en proceso. Mostrando a continuación la cantidad de secciones en almacenamiento.

Tabla 38. Tiempo de ciclo y cantidad de unidades en el Almacenamiento Intermedio, celda G
Fuente: Elaboración Propia

Unidad de Medición	Promedio	Límite Inferior	Límite Superior
Tiempo (horas)	246.36	223.3	269.42
Cantidad (secciones)	268	243	293

Lo cual muestra un desbalanceo entre las líneas de ensamblaje de unidades y la línea de ensamblaje de secciones, siendo necesario mejorar el flujo de materiales a través de la celda.

Las líneas de ensamblaje de secciones y unidades realizan las revisiones y pedidos de piezas faltantes de forma independiente, por lo cual, las órdenes no llegan al mismo tiempo a los procesos de ensamblaje. Por lo tanto, se puede cuantificar la posibilidad de realizar los pedidos por piezas faltantes simultáneamente para los procesos de ensamblaje de unidades y secciones, previamente a cualquier operación.

Gráfico 23. Diagrama explicativo de la propuesta, celda G
Fuente: Elaboración Propia

6.11 Proceso de ensamblaje final

A continuación se muestran los tiempos promedios, en horas, para cada proceso dentro de la línea de ensamblaje final, mediante la tabla y gráfico siguiente.

Tabla 39. Tiempos promedios procesos ensamblaje final, celda G
Fuente: Elaboración Propia

Procesos	Procesos Detallados	Tiempo Promedio (horas)	Porcentaje
COLA	Espera Retrabajo	0.045	0.7%
	Espera ensamblaje de unidades y secciones	0.02	0.4%
	Espera Inspección	0.00	0.0%
	Espera Cableado	0.00	0.0%
INSPECCIÓN	Inspección	0.61	9.6%
OPERACIÓN	Ensamblaje de unidades y secciones	3.68	58.1%
	Cableado	1.84	29.0%
RETRABAJO	Retrabajo	0.14	2.2%

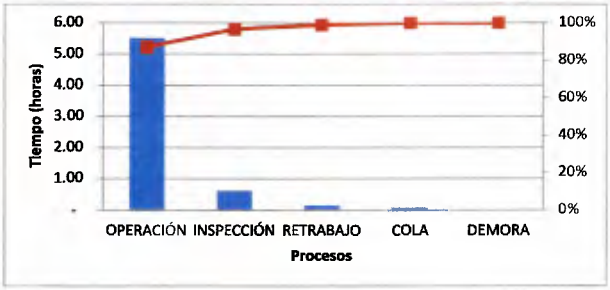


Gráfico 24. Diagrama de Pareto para el ensamblaje final, celda G
Fuente: Elaboración Propia

El proceso de ensamblaje final sólo presenta tiempos en cola de alrededor del 1%, siendo dedicado el tiempo en su mayoría para procesos que agreguen valor. Por lo tanto, dado tiempos de espera en cola tan cortos, es de esperar bajas o adecuadas utilizaciones de los recursos, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 40. Cantidad y Utilización de los operarios en ensamblaje final
Fuente: Elaboración propia

Operarios	Cantidad	Utilización promedio	Límite Inferior	Límite Superior
Operarios Ensamblaje unidades y secciones	5	34%	28%	40%
Operarios Ensamblaje cableado	8	1%	1%	1%
Operarios Inspección	2	10%	0%	20%
Operarios Retrabajo	2	3%	1%	5%

Los recursos presentan bajas utilizaciones en las estaciones que presentan más de un operario, pudiendo existir desperdicios por mano de obra ociosa, siendo una posible propuesta la reubicación de personal.

6.12 Trabajo en Proceso de la Celda G

A partir de la información proporcionada por la empresa y las simulaciones, ha sido posible determinar el trabajo en proceso encontrado en los distintos procesos de la celda G, los cuales se muestran a continuación.

Tabla 41. Trabajo en proceso promedio de la celda G
Fuente: Elaboración Propia

Celda	Proceso	Secciones	Unidades
Celda G	Ensamblaje Secciones	1400	
	Ensamblaje Unidades		2000
	Almacenamiento Intermedio	270	180
	Ensamblaje Final	3	
Total		1673	2180

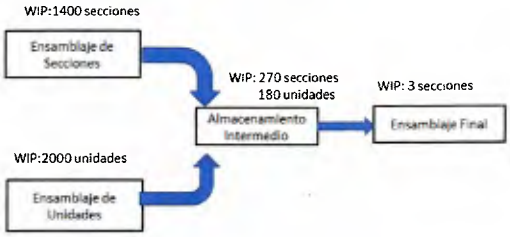


Gráfico 25. Diagrama mostrando el trabajo en proceso (WIP) en los principales procesos, en la celda G
Fuente: Elaboración Propia

6.13 Resumen de la celda A y celda G

A continuación, se mostrarán un resumen de los resultados encontrados de las variables de interés y los comentarios respectivos para los procesos de cada celda

Tabla 42. Resumen de comentarios y posibles propuestas de los procesos en ambas Celdas
Fuente: Elaboración Propia

Celda	Procesos	Observaciones	Posibles propuestas de solución
Celda A	Ensamblaje de Secciones	1.Altos tiempos en demoras por piezas faltantes. 2. Utilizaciones medias y bajas en todas las operaciones.	1. Los pedidos deberán ser inspeccionados antes de entrar a las áreas de ensamblaje de secciones y unidades 2.Posible reubicación de recursos en áreas con utilizaciones más altas
	Ensamblaje de Unidades	1. Atos tiempos en demoras por piezas faltantes y colas de espera 2.Utilizaciones Altas en operaciones de ensamblaje, lo cual representa un cuello de botella para la celda A	1. Los pedidos deberán ser inspeccionados antes de entrar a las áreas de ensamblaje de secciones y unidades 2.Cambios en la asignación de órdenes de producción para cada línea de ensamblaje de unidades
	Almacenamiento Intermedio	1. Problemas en el flujo de materiales	Balancear procesos de ensamblaje de unidades y secciones
	Ensamblaje Final	1.Altos tiempos dedicados a operaciones 2.Utilizaciones medias y bajas en todas las operaciones	Posible reubicación de recursos
Celda G	Ensamblaje de Secciones	1.Altos tiempos en demoras por piezas faltantes. 2. Utilizaciones medias y bajas en todas las operaciones.	1. Los pedidos deberán ser inspeccionados antes de entrar a las áreas de ensamblaje de secciones y unidades 2.Posible reubicación de recursos en áreas con utilizaciones más altas
	Ensamblaje de Unidades	1. Atos tiempos en demoras por piezas faltantes y colas de espera 2.Utilizaciones medias y bajas en operaciones de ensamblaje.	1. Los pedidos deberán ser inspeccionados antes de entrar a las áreas de ensamblaje de secciones y unidades 2.Cambios en la asignación de órdenes de producción para cada línea de ensamblaje de unidades
	Almacenamiento Intermedio	1. Problemas en el flujo de materiales	Balancear procesos de ensamblaje de unidades y secciones
	Ensamblaje Final	1.Altos tiempos dedicados a operaciones 2.Utilizaciones medias y bajas en todas las operaciones	Posible reubicación de recursos

Sin embargo, se observa adicionalmente que la celda G no presenta altas utilizaciones, siendo un indicador para una subutilización de la celda. Por lo cual, una posible propuesta es aprovechar los recursos de la celda G por la celda A.

7 Determinar soluciones para las causas de los problemas identificados.

A partir de la caracterización de la situación actual realizada y consultando con la Gerencia de la Empresa, se generaron las propuestas siguientes. Las cuales deben realizarse de forma conjunta para obtener los resultados estimados, puesto que cada propuesta es construida con base a la propuesta anterior.

Las propuestas fueron desarrolladas para mejorar la situación de los procesos que en la *explicación de las causas de los problemas asociados al proceso productivo,* presentan la mayor cantidad de tiempos que no están dedicados a agregarle valor al producto y reducen la capacidad de producción del sistema.

Por ello, las demoras por concepto de piezas faltantes, herramientas y cambios de ingeniería forman parte de los problemas a resolver en las propuestas, ya que pueden representar días de demoras y afectan ambas celdas. Como también los cuellos de botella observados en la línea de ensamblaje de unidades en la celda A, pues posee los mayores tiempos en cola, trabajo en proceso y utilizaciones de los recursos, generando gran cantidad de inventario en el almacenamiento intermedio.

Tabla 43. Tabla resumen de propuestas a ser cuantificadas mediante los modelos de simulación
Fuente: Elaboración Propia

Número	Propuesta	Soluciones Esperadas
1	Transferencia de algunas Demoras al almacén de Materias Primas.	Disminución en los tiempos de ciclo
2	Disminución en las utilizaciones en las líneas de Ensamblaje de Unidades	1.Disminución en los tiempos de ciclo 2.Aumento en la capacidad de producción
3	Reubicación de Personal en la línea de Ensamblaje Final en la Celda A.	Aumento en la capacidad de producción

Es importante mencionar que a pesar de no haber sido especificado en las limitaciones y el alcance del trabajo, no serán evaluados posibles cambios en las operaciones actuales, como también cambios en los turnos y horas extra. Puesto que no es de interés de la empresa cambiar esa situación.

7.1 Propuesta 1: Transferencia de algunas demoras al almacén de materias primas.

Actualmente los procesos de ensamblaje de secciones y ensamblaje de unidades, presentan las siguientes demoras antes de llegar a las respectivas operaciones, las cuales, luego de ser discutidas con la empresa, es posible clasificarlas de la forma siguiente:

Demoras transferibles: Son aquellas que pueden ser transferidas al almacén de Materias Primas.

Demoras no transferibles: Son aquellas que no pueden ser transferidas al almacén de Materias Primas y no presentarán modificaciones en las propuestas.

A partir de la descripción mostrada, se mostrarán las demoras clasificadas por la Gerencia.

7.1.1 Clasificación de las demoras en el proceso de Ensamblaje de Secciones.

Se muestra a continuación una tabla mostrando las demoras clasificadas por la gerencia en el proceso de Ensamblaje de Secciones, como también un diagrama mostrando el lugar del proceso en donde se realizará el cambio.

Tabla 44. Clasificación de las Demoras por la Gerencia en el proceso de Ensamblaje de Secciones
Fuente: Elaboración Propia

DEMORA	CLASIFICACIÓN
Partes requeridas para la elaboración de secciones	Transferible
Herramientas requeridas para la elaboración de secciones	No Transferible

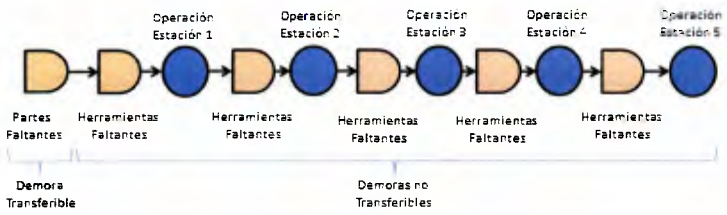


Gráfico 26. Diagrama de Procesos para el Ensamblaje de Secciones con la clasificación de las Demoras
Fuente: Elaboración Propia

7.1.2 Clasificación de las demoras en el proceso de Ensamblaje de Unidades.

Se muestra a continuación una tabla mostrando las demoras clasificadas por la gerencia en el proceso de Ensamblaje de Unidades, como también un diagrama mostrando la ubicación del proceso en donde se realizará el cambio.

Tabla 45. Clasificación de las Demoras por la Gerencia en el proceso de Ensamblaje de Unidades
Fuente: Elaboración Propia

DEMORA	CLASIFICACIÓN
Partes requeridas para la elaboración de secciones	Transferible
Cambios de Ingeniería	Transferible
Herramientas requeridas para la elaboración de secciones	No Transferible

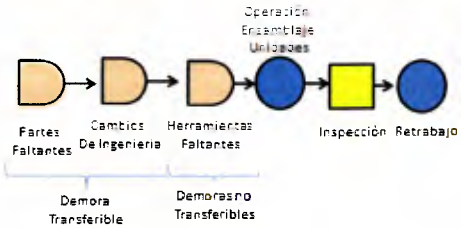


Gráfico 27. Diagrama de Procesos para el Ensamblaje de Unidades con la clasificación de las Demoras
Fuente: Elaboración Propia

Los procesos de Demora normalmente ocurren de forma secuencial, por lo tanto el tiempo total en Demoras es aditivo, lo cual, al ser consultado con la Gerencia, es posible cambiar al modelo que se muestra a continuación.

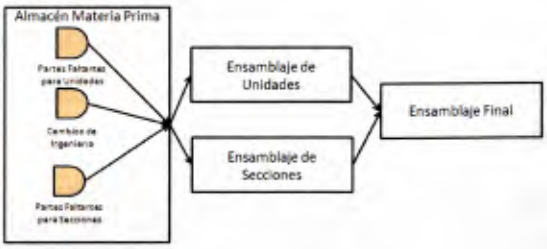


Gráfico 28. Diagrama mostrando las demoras transferidas al almacén de materias primas
Fuente: Elaboración Propia

En el almacén de Materias Primas se consideraría una búsqueda simultánea de todas las piezas faltantes y la confirmación de los cambios de Ingeniería, con lo cual el tiempo de las demoras dejaría de ser aditivo a ser el máximo entre los tres tipos de demoras, llegando los pedidos a los procesos de ensamblaje una vez que hayan pasado todas las demoras en el almacén de materias primas.

A continuación se muestra la capacidad de producción resultante en cada replicación.

Tabla 46. Capacidad de Producción en secciones por mes, para cada replicación de la simulación. Propuesta 1
Fuente: Elaboración Propia

Replicación	Capacidad del proceso
1	1071
2	1211
3	1215
4	1213
5	1243
6	1233
7	1227
8	1280
9	1241
10	1285
11	1247
12	1188
Promedio	1221
Desv. Estándar	55

Estos resultados al ser comparados con la demanda, obtenemos los siguientes resultados:

Tabla 47. Resultados del contraste de hipótesis para una prueba T de una muestra. Propuesta 1
Fuente: Elaboración Propia, mediante MINITAB v16

Prueba de mu >= 1420 vs. < 1420

Variable	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite superior 95%	T	P
Propuesta	12	1221.2	54.9	15.8	1249.6	-12.56	0.000

Mostrando, con un nivel de confianza del 5%, que la Capacidad de producción no supera la Demanda pronosticada.

La causa principal por la cual la producción no supera la demanda, es atribuida principalmente a que los cuellos de botella no cambiaron, por lo cual el sistema presenta la misma capacidad. Siendo los cuellos de botella actuales, los mostrados a continuación.

Tabla 48. Utilización promedio y tiempos en cola promedio, en horas, de los cuellos de botella en la propuesta.
Fuente: Elaboración Propia

Celda	Operarios	Utilización promedio	Tiempo en Cola promedio
A	Ensamblaje de Unidades, línea 1	99%	263.00
	Ensamblaje de Unidades, línea 2	99%	306.00
	Ensamblaje de Unidades, línea 3	99%	266.00
	Ensamblaje de Unidades, línea 4	99%	278.00

Mostrando el siguiente diagrama explicativo:

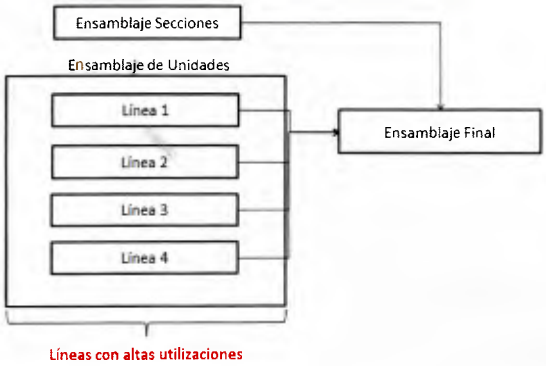


Gráfico 29. Diagrama mostrando las líneas que presentan operarios con altas utilizaciones
Fuente: Elaboración Propia

7.2 Propuesta 2: Disminución en las utilizaciones en las líneas de Ensamblaje de Unidades

Adicionalmente a los cambios realizados mediante la propuesta 1, la propuesta 2 consiste en el aprovechamiento de la línea de ensamblaje de la celda G, con la cual se puede realizar una asignación **(xij)** más adecuada para la cantidad de unidades de distintos niveles de

complejidad que están destinadas a cada línea de procesamiento de Unidades. Mostrándose en el siguiente gráfico.

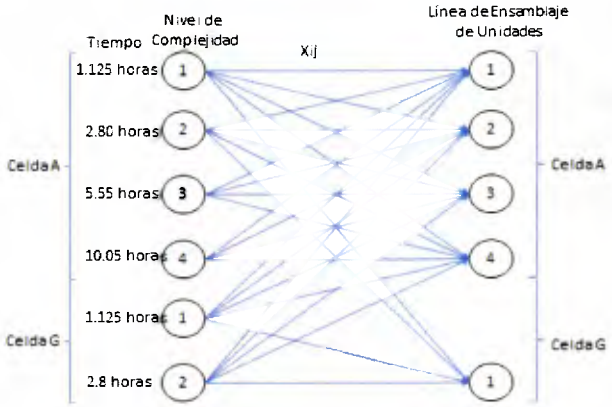


Gráfico 30. Diagrama de redes para el modelo de programación lineal
Fuente: Elaboración Propia

El planteamiento mostrado anteriormente, se puede representar a través de una técnica de programación matemática llamada, programación lineal, de la cual podremos obtener los porcentajes para la asignación de unidades de diferente complejidad para las líneas de ensamblaje de unidades.

7.2.1 Asignación de unidades de diferente complejidad para las líneas de ensamblaje de unidades, mediante programación lineal.

Las variables de decisión estarían conformadas por:

Xij: representa el porcentaje de tiempo de procesamiento dedicado a las unidades de nivel de complejidad i, asignados a la línea de ensamblaje j. Lo cual se evidencia en la tabla a continuación.

Tabla 49. Variables de decisión mostradas en la matriz de asignación
Fuente: Elaboración Propia

			Líneas de Ensamblaje				
			Celda A				Celda G
			1	2	3	4	1
Nivel de Complejidad	Celda A	1	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}
		2	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}	X_{25}
		3	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{34}	No aplica
		4	X_{41}	X_{42}	X_{43}	X_{44}	No aplica
	Celda G	1	X_{51}	X_{52}	X_{53}	X_{54}	X_{55}
		2	X_{61}	X_{62}	X_{63}	X_{64}	X_{65}

La función objetivo consiste en minimizar las desviaciones positivas y negativas (se encuentran en el balanceo de los tiempos de cada línea por operador, siendo el último conjunto de restricciones)

Minimizar: $\theta_T = \theta_1^+ + \theta_1^- + \theta_2^+ + \theta_2^- + \theta_3^+ + \theta_3^- + \theta_4^+ + \theta_4^- + \theta_5^+ + \theta_5^-$

Sujeto a las **restricciones** siguientes:

- Las variables de decisión deben ser continuas entre los valores 0 y 1

$$0 \leq Xij \leq 1$$

- Todas las unidades deben ser asignadas, por lo tanto la suma de los porcentajes de cada nivel de complejidad debe ser 1.

$$\sum_{j=1}^{5} X_{1j} = 1$$

$$\sum_{j=1}^{5} X_{2j} = 1$$

$$\sum_{j=1}^{5} X_{3j} = 1$$

$$\sum_{j=1}^{5} X_{4j} = 1$$

$$\sum_{j=1}^{5} X_{5j} = 1$$

$$\sum_{j=1}^{5} X_{6j} = 1$$

- La suma de todos los tiempos dedicados a las unidades de diferente complejidad es igual a la cantidad de horas hombre dedicadas al procesamiento en la estación (M_k, donde k representa la línea de ensamblaje de unidades). En donde los tiempos promedio fueron obtenidos a partir de la siguiente tabla

Tabla 50. Tabla con el Tiempo Promedio para completar una orden (sección)
Fuente: Elaboración Propia

Celda	Nivel de Complejidad	Tiempo promedio (Horas/Unidad)	Número promedio de unidades por sección	Distribción de porcentajes para los niveles de complejidad	Tiempo promedio (horas/sección)
A	1	1.125	4	30%	1.35
	2	2.8	4	53%	5.94
	3	5.55	4	14%	3.11
	4	10.05	4	3%	1.21
G	1	1.125	4	45%	2.03
	2	2.8	4	55%	6.16

En donde la última columna es la multiplicación de las tres columnas anteriores, generando de esta forma el tiempo promedio necesario para completar las unidades requeridas para una sección. Lo cual genera las siguientes restricciones:

$$1.35(X_{11})+5.94(X_{21})+3.11(X_{31})+1.21(X_{41})+2.03(X_{51})+6.16(X_{61})=M_1$$
$$1.35(X_{12})+5.94(X_{22})+3.11(X_{32})+1.21(X_{42})+2.03(X_{52})+6.16(X_{62})=M_2$$
$$1.35(X_{13})+5.94(X_{23})+3.11(X_{33})+1.21(X_{43})+2.03(X_{53})=M_3$$
$$1.35(X_{14})+5.94(X_{24})+3.11(X_{34})+1.21(X_{44})+2.03(X_{54})=M_4$$
$$1.35(X_{15})+5.94(X_{25})+3.11(X_{35})+1.21(X_{45})+2.03(X_{55})+6.16(X_{65})=M_5$$

- Por último, las horas hombre repartidas entre cada uno de los operadores, se espera que sean iguales para cada una de las líneas.

$$\frac{M_1}{9}+\theta_1^- -\theta_1^+ =\frac{M_2}{9}$$
$$\frac{M_2}{9}+\theta_2^- -\theta_2^+ =\frac{M_3}{9}$$
$$\frac{M_3}{9}+\theta_3^- -\theta_3^+ =\frac{M_4}{9}$$
$$\frac{M_4}{9}+\theta_4^- -\theta_4^+ =\frac{M_5}{19}$$
$$\frac{M_5}{19}+\theta_5^- -\theta_5^+ =\frac{M_1}{9}$$

Siendo las variables θ^+, las desviaciones positivas y θ^- las desviaciones negativas

A partir de todas las restricciones anteriores y tomando en cuenta que todas las variables en el modelo son positivas. Podemos obtener los resultados mediante el Solver de Excel 2010. Lo cual se muestra a continuación

Tabla 51. REULTADOS: Proporción de unidades por nivel de dificultad asignadas a cada línea
Fuente: Elaboración Propia

		Línea de ensamblaje				
		Celda A				Celda G
Celda	Nivel de Dificultad	1	2	3	4	5
A	1	17%	18%	18%	20%	28%
	2	8%	10%	10%	18%	55%
	3	24%	20%	20%	35%	no aplica
	4	25%	23%	23%	29%	no aplica
G	1	18%	18%	18%	18%	25%
	2	15%	15%	15%	19%	36%

Cabe destacar que el resultado obtenido sólo es un resultado lo suficientemente objetivo y un acercamiento a una primera solución para ser implementada. Lo cual, al ser comprobado en el modelo de simulación desarrollado, se obtuvo lo siguiente:

Tabla 52. RESULTADO: Utilización de los Operadores de la Celda A y Celda G, para la propuesta 1+ propuesta 2
Fuente: Elaboración Propia

Celda	Operador	Utilización Promedio	Límite Inferior	Límite Superior
Celda A	**Línea 1**	**43%**	**31%**	**55%**
	Línea 2	44%	32%	56%
	Línea 3	44%	32%	56%
	Línea 4	49%	35%	63%
Celda G	Línea 1	31%	22%	40%

Mostrando que los intervalos de cada una de las utilizaciones son solapantes, por lo tanto, se obtuvo el comportamiento esperado por el modelo de programación lineal. Lo cual generó el siguiente impacto en el proceso de ensamblaje de unidades.

Tabla 53. RESULTADO: Porcentaje de reducción del tiempo promedio de proceso de ensamblaje de unidades. Propuesta 1+ propuesta 2
Fuente: Elaboración Propia

Celda	Tiempo de ciclo Situación Actual	Tiempo de ciclo Propuesta	Porcentaje de Reducción
A	392.08	**151.14**	61.5%
G	119.76	119.01	1%

Los resultados encontrados muestran una mejora considerable del sistema, pues es posible reducir el tiempo de ensamblaje de unidades de la celda A, sin afectar de forma significativa la celda G. Lo cual disminuye de forma significativa el tiempo total del ciclo de producción.

Tabla 54. RESULTADO: Tiempo total promedio, en horas, de producción Propuesta 1+ propuesta 2

Fuente: Elaboración Propia

Celda	Situación Actual	Propuesta	Porcentaje de Reducción
A	448.4	65.3	85%
G	295.3	58.3	80%

A partir de la propuesta realizada, se pueden obtener los siguientes resultados para 12 replicaciones del modelo

Tabla 55. RESULTADO: Capacidad de producción del modelo propuesta 1 + propuesta 2
Fuente: Elaboración Propia

Replicación	Capacidad (producciones/mes)
1	1122
2	1326
3	1360
4	1339
5	1358
6	1344
7	1360
8	1387
9	1304
10	1383
11	1318
12	1354
PROMEDIO	1330
Desv. Estándar	70

Al comparar la propuesta con la demanda pronosticada presentamos el siguiente resultado.

Tabla 56. Resultados del contraste de hipótesis para una prueba T de una muestra. Propuesta 1 + propuesta 2
Fuente: Elaboración Propia, mediante MINITAB v16

Variable	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite superior 95%	T	P
propuesta	11	1348.45	25.66	7.74	1362.48	-9.25	0.000

En donde, con un nivel de significación del 5%, existen evidencias muestrales que permiten concluir que la media de la producción es inferior a la meta de demanda propuesta.

La mejora de las utilizaciones de los cuellos de botella actuales, causaron un movimiento de estos a los procesos de ensamblaje, por lo cual el sistema presenta la misma capacidad que los nuevos cuellos de botella. Estos se muestran a continuación a través de la siguiente tabla y un diagrama.

Tabla 57. Utilización promedio y tiempos en cola promedio, en horas, de los cuellos de botella en la propuesta1 + propuesta 2.
Fuente: Elaboración Propia

Celda	Operarios	Utilización Promedio	Tiempo en cola Promedio
A	Estación Ensamblaje de Unidades con Secciones, Línea 1	90%	3.83
	Estación Ensamblaje de Unidades con Secciones, Línea 2	93%	6.83

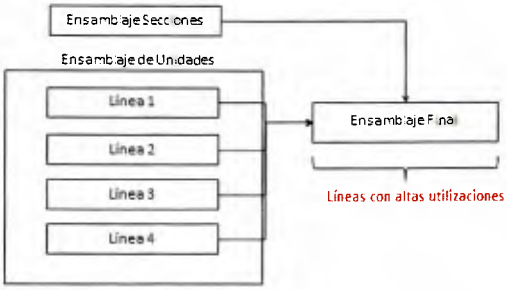


Gráfico 31.Diagrama mostrando las líneas que presentan operarios con altas utilizaciones
Fuente: Elaboración Propia

7.3 Propuesta 3: Reubicación de personal en la línea de ensamblaje final en la celda A.

Una vez implementada la propuesta 1 y la propuesta 2, la propuesta 3 consiste en la reubicación de personal en el proceso de ensamblaje final, la Gerencia desea que las líneas de Ensamblaje Final no posean más de 15 operadores entre las estaciones de ensamblaje de unidades y secciones, cableado e inspección. Por lo cual realizaremos las reubicaciones de acuerdo a la utilización de los operarios en la línea de ensamblaje.

Tabla 58. Utilizaciones de los operarios en el Ensamblaje Final, Celda A, situación actual
Fuente: Elaboración Propia

Línea	Operario	Cantidad Actual	Utilización promedio	Límite Inferior	Límite Superior
1	Ensamblaje Unidades y Secciones	5	90%	87%	93%
	Cableado	8	28%	27%	29%
	Inspección	2	38%	37%	39%
2	Ensamblaje Unidades y Secciones	5	93%	91%	95%
	Cableado	8	29%	28%	30%
	Inspección	2	39%	38%	40%

Como se puede evidenciar, los procesos que presentan una mayor cantidad de operarios, tienen la menor utilización, por lo cual se realizaron los siguientes cambios:

- **Alternativa 1**: Ubicar un operario de la estación de cableado a la estación de ensamblaje de unidades
- **Alternativa 2**: Ubicar dos operarios de la estación de cableado a la estación de ensamblaje de unidades

Tabla 59. RESULTADOS: Utilizaciones de los operarios en el Ensamblaje Final, Celda A. alternativa 1. Propuesta 1 + propuesta 2+ propuesta 3
Fuente: Elaboración Propia

Línea	Operario	Cantidad Actual	Utilización promedio	Límite Inferior	Límite Superior
1	Ensamblaje Unidades y Secciones	6	77%	74%	80%
	Cableado	7	32%	29%	35%
	Inspección	2	38%	35%	41%
2	Ensamblaje Unidades y Secciones	6	79%	77%	81%
	Cableado	7	33%	31%	35%
	Inspección	2	38%	36%	40%

Tabla 60. RESULTADOS: Utilización de los operarios en ensamblaje final de la celda A. alternativa 2. Propuesta 1 + propuesta 2+ propuesta 3
Fuente: Elaboración Propia

Línea	Operario	Cantidad Actual	Utilización promedio	Límite Inferior	Límite Superior
1	Ensamblaje Unidades y Secciones	7	59%	56%	62%
	Cableado	6	40%	37%	43%
	Inspección	2	41%	38%	44%
2	Ensamblaje Unidades y Secciones	7	59%	57%	61%
	Cableado	6	42%	40%	44%
	Inspección	2	40%	38%	42%

A partir de las utilizaciones mostradas anteriormente, consideraremos la última opción. Al realizar una prueba de contraste de hipótesis para conocer si el sistema es capaz de satisfacer la demanda, encontramos lo siguiente.

Tabla 61. RESULTADO: Capacidad de Producción en secciones por mes, para cada replicación de la simulación. Propuesta 1+ propuesta 2 + propuesta 3
Fuente: Elaboración Propia

Replicación	Capacidad del proceso
1	1834
2	2056
3	2123
4	2052
5	2050
6	2103
7	2158
8	2118
9	2079
10	2126
11	2045
12	2089
Promedio	2069
Desv. Estándar	82

Tabla 62. Resultados del contraste de hipótesis para una prueba T de una muestra. Propuesta 1 + propuesta 2+ propuesta 3
Fuente: Elaboración Propia, mediante MINITAB v16

Prueba de mu >= 1420 vs. < 1420

Variable	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite superior 95%	T	P
Propuesta	12	2069.4	82.4	23.8	2112.2	27.29	1.000

En donde, con un nivel de significación del 5%, no existen evidencias muestrales que permiten concluir que la media de la producción es inferior a la meta de demanda propuesta. Pudiendo aceptar que la capacidad de producción del sistema es superior a la demanda pronosticada.

8 Valorar las soluciones de los problemas identificados.

A partir de la implantación de las tres propuestas anteriores, presentamos las mejoras en el sistema, estimando los siguientes resultados al comparar la situación actual con la propuesta. Además se muestra en el Gráfico 32 y Gráfico 33 un resumen de las áreas en donde se aplicaron las mejoras.

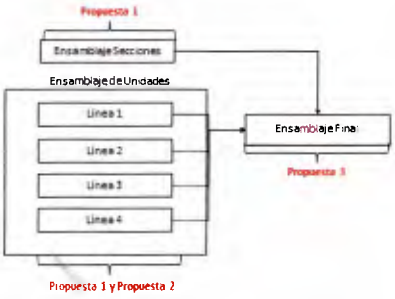


Gráfico 32. Diagrama resumen de donde se implantaron las propuestas, celda A
Fuente: Elaboración Propia

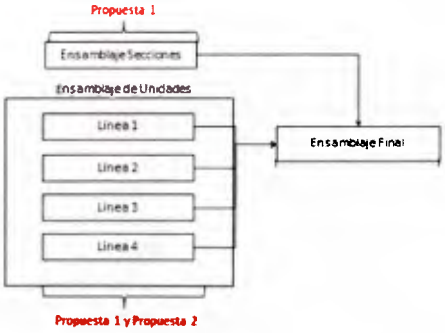


Gráfico 33. Diagrama resumen donde se implantaron las propuestas, celda G
Fuente: Elaboración Propia

8.1 Disminución en los tiempos de ciclo.

A continuación se muestran los porcentajes de reducción estimados en los tiempos de ciclo, una vez, aplicadas las propuestas

Tabla 63. RESULTADOS: Porcentaje de reducción en los tiempos de ciclo promedio, en horas. Fuente: Elaboración Propia

Celda	Procesos	Situación Actual	Propuesta	% reducción
A	Ensamblaje de Secciones	43.4	31.7	27%
	Ensamblaje de Unidades	392.1	7.2	98%
	Almacenamiento Intermedio	390.0	28.3	93%
	Ensamblaje Final	7.9	6.5	18%
	Ciclo Total	**448.4**	**67.6**	**85%**
G	Ensamblaje de Secciones	46.9	32.8	30%
	Ensamblaje de Unidades	119.8	7.2	94%
	Almacenamiento Intermedio	246.3	27.7	89%
	Ensamblaje Final	2.1	2.1	0%
	Ciclo Total	**295.3**	**63.3**	**79%**

Es notable destacar que la propuesta presenta una reducción de 25 días a 4 días para la realización de una sección, como también la celda G presenta una reducción de 16 días a 4 días.

8.2 Disminución de las utilizaciones.

Bajo las condiciones actuales de Demanda, se estima una utilización mínima promedio de 9% hasta una utilización máxima promedio de 64% de todo el conjunto de trabajadores que se encuentran en ambas celdas. Cabe a destacar que las propuestas realizadas sólo presentaron una reubicación en la línea de Ensamblaje Final, por lo cual no es necesaria la contratación de nuevo personal.

8.3 Trabajo en Proceso

A continuación se muestran los porcentajes de reducción estimados para el trabajo en proceso, una vez aplicadas las propuestas.

Tabla 64. Porcentaje de reducción promedio para el inventario de secciones en proceso. Propuesta 1+ propuesta 2 + propuesta 3 Fuente: Elaboración Propia

Celda	Procesos	Situación Actual	Propuesta	%variación
A	Ensamblaje de secciones	1930	720	-63%
	Almacenamiento intermedio	980	75	-92%
	Ensamblaje final	17	16	-6%
	Total	**2927**	**811**	**-72%**
G	Ensamblaje de secciones	1400	280	-80%
	Almacenamiento intermedio	270	32	-88%
	Ensamblaje final	3	2	-33%
	Total	**1673**	**314**	**-81%**

Tabla 65. Porcentaje de reducción promedio para el inventario de unidades en proceso. Propuesta 1+ propuesta 2 + propuesta 3
Fuente: Elaboración Propia

Celda	Procesos	Situación Actual	Propuesta	%variación
A	Ensamblaje de unidades	6500	1120	-83%
	Almacenamiento intermedio	100	480	380%
	Total	**6600**	**1600**	**-76%**
G	Ensamblaje de secciones	2000	445	-78%
	Almacenamiento intermedio	180	200	11%
	Total	**2180**	**645**	**-70%**

A partir de las tablas anteriores, sólo existe un aumento en el inventario en proceso para el almacenamiento intermedio de unidades en ambas celdas.

8.4 Aumento en la Capacidad de producción.

A continuación se muestran los porcentajes de aumento estimados en la capacidad de producción, una vez aplicadas las propuestas

Tabla 66. Porcentaje de aumento promedio en la capacidad de producción. Propuesta 1+ propuesta 2 + propuesta 3
Fuente: Elaboración Propia

Celda	Situación Actual	Propuesta	% de Aumento
A	800	1400	**75%**
G	390	670	72%
Total	1190	2070	74%

En donde la capacidad obtenida en la propuesta supera la demanda pronosticada, siendo así el sistema capaz de satisfacer la demanda.

8.5 Estimación de utilidad económica mediante la propuesta

El impacto de las propuestas desde el punto de vista económico es de importancia para cualquier factibilidad de las propuestas, el incremento de la producción tiene un impacto importante sobre la distribución de los costos fijos y variables de la empresa.

En el caso de **Muebles Marielita C.A** se puede hacer un análisis bajo ciertas premisas puesto que existen temas de confidencialidad para los costos. Es por ello que a continuación se mencionan las premisas para este análisis.

1. Sólo se consideran los costos asociados a mano de obra y materia prima como costos directos.
2. Los costos asociados a gastos administrativos se mantienen constantes.
3. Los costos variables aumentan de forma lineal a la producción y según la tabla 70: Aumento de la capacidad de producción de gabinetes por mes, equivalente al 74% mensual

4. Todos los operadores perciben una misma remuneración económica de sueldo mínimo equivalente a 46,38 Bs.F por hora ordinaria y 69,58 Bs.F por horas extraordinarias (horas extras)
5. El costo de venta de los Gabinetes es de 9000 Bs.F
6. El número de operadores en la celda A es de 133
7. El número de operadores de la celda G es de 45
8. Se considera que la producción total es la suma de la producción de las celdas A y G
9. Se asume que la demanda es igual a la capacidad instalada ara todo escenario analizado

La Tabla 67 contiene información suministrada por la empresa:

Costos y Gastos de Producción	
Mano de Obra Directa e Indirecta	19,775,689.92
Materia Prima	3,000.00
Gastos Administrativos	20,000.00
Otros Costos Variables	541,000.00

Tabla 67 Costos de producción asociados al ensamblaje de un mueble
Fuente: Muebles Marielita C.A

Si la demanda estimada aumenta a la capacidad obtenida mediante las propuestas, se estima un aumento de los costos variables proporcional al aumento de la producción, obteniendo la siguiente:

	Materia Prima	Otros Costos Variables
Situación Actual	541,000.00	3,570,000.00
Propuestas	941,340.00	6,210,000.00

Tabla 68 Estimación de aumento del 74% de los costos variables
Fuente: Elaboración propia

En función de la Tabla 67 y Tabla 68 podemos realizar un cálculo de utilidades netas para los escenarios y calcular el aumento del mismo:

Situación	Producción [Gabinetes]	Ingresos por ventas	Costos totales	Utilidad Neta
Sin propuestas	1190	Bs. 59,500,000.00	Bs. 23,906,689.92	Bs. 59,500,000.00
Con propuestas	2070	Bs. 103,500,000.00	Bs. 26,947,029.92	Bs. 103,500,000.00

Tabla 69 Totalización de resultados y utilidades netas de las situaciones con y sin propuestas aplicadas
Fuente: Elaboración propia

Se aprecia en el gráfico un aumento de la utilidad neta equivalente al 74%, en caso de que la demanda estimada aumente a la capacidad obtenida mediante las propuestas.

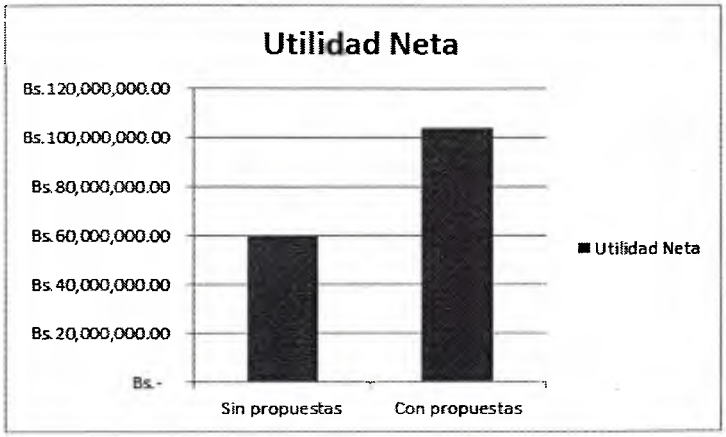


Gráfico 34 Variación de la utilidad neta con y sin propuestas aplicadas
Fuente: Elaboración Propia

9 Establecer recursos para una posible implementación de las soluciones.

Para implementar cada una de las propuestas, es de suma importancia comunicar las propuestas al personal, como también capacitarlo para los cambios realizados en los procesos y los procedimientos dentro del sistema. No se puede olvidar hacer un seguimiento paulatino, para así monitorear que los cambios se cumplan a cabalidad. De igual manera, se debe mantener el personal supervisado y motivado para que puedan adaptarse e involucrarse con los nuevos aspectos que cambian las rutinas que llevaron a cabo por mucho tiempo, y se sientan incorporados a formar parte de dichos cambios dándoles a conocer el beneficio de ellos.

Todas las propuestas establecidas se pueden realizar a corto plazo, siendo necesario:

9.1 Propuesta 1: Transferencia de algunas demoras al almacén de materias primas.

- Capacitación para los operarios en el almacén de materias primas en cuanto a los nuevos procedimientos.

9.2 Propuesta 2: Disminución en las utilizaciones en las líneas de ensamblaje de unidades

- Capacitación para el personal encargado en la asignación de unidades en las líneas de ensamblaje de unidades.

9.3 Propuesta 3: Reubicación de personal en la línea de Ensamblaje final en la Celda A.

- Capacitación para el personal que sea transferido de estación de trabajo, el cual deberá aprender las nuevas operaciones que deberá realizar.

Cabe a destacar, que las propuestas realizadas no requieren la contratación de personal o equipo adicional para su implantación.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego del desarrollo del presente TEG, es necesario la elaboración de las conclusiones de los objetivos planteados.

9.4 Conclusiones

- A través de la caracterización del sistema productivo, obtuvimos el conjunto de procesos requeridos para la fabricación de gabinetes, los cuales se encuentran totalizados a continuación para la celda A y la celda G, a partir de los diagramas de proceso encontrados en el Anexo 3

Tabla 70. Total de procesos en el sistema, entre la celda A y la celda G
Fuente: Elaboración Propia

Proceso	Simbolo	Cantidad de Procesos
Operación	○	[illegible]
Transporte	⇨	[illegible]
Almacenaje	▽	[illegible]
Inspección	□	[illegible]
Demora	D	[illegible]

La única diferencia entre la celda A y la celda G es la cantidad de líneas de ensamblaje de unidades, por lo cual, los procesos encontrados en la celda A son iguales a la celda G.

- A partir de la identificación de los problemas que afectan el proceso productivo, se evidenció que el sistema conformado por la celda A y la celda G no es capaz de satisfacer la demanda mensual pronosticada.
- A partir de la iidentificación de los problemas que afectan el proceso productivo, se consiguió la siguiente cantidad de problemas.

Tabla 71. Cantidad de causas en los diagramas causa-efecto
Fuente: Elaboración Propia

Celda	Áreas	Cantidad de causas
A	Ensamblaje de unidades	8
	Ensamblaje de secciones	7
	Almacenamiento Intermedio	5
	Ensamblaje final	3
	total	**23**
G	Ensamblaje de unidades	8
	Ensamblaje de secciones	7
	Almacenamiento Intermedio	5
	Ensamblaje final	3
	total	**23**

Las causas pueden evidenciarse en detalle a través del Gráfico 9 para la celda G y el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** para la celda A

- Las soluciones propuestas para la gerencia consisten en:

  Propuesta 1: Transferencia de algunas demoras al almacén de materias primas, mediante la inspección de piezas e insumos necesarios antes de que ingrese la orden al proceso productivo.

  Propuesta 2: Disminución en las utilizaciones en las líneas de Ensamblaje de Unidades, mediante la asignación de las unidades con diferentes niveles de complejidad a cada línea obtenido, mediante un modelo de Programación Lineal (PL).

  Propuesta 3: Reubicación de personal en la línea de ensamblaje final en la celda A, a través de la asignación de dos (2) operarios de la estación de cableado a la estación de ensamblaje de unidades y secciones.

  Las tres propuestas se deben aplicar conjuntamente para obtener los resultados estimados a continuación.

- La aplicación de las tres propuestas de mejoras, presentarán el siguiente impacto en el sistema, en donde mostraremos sólo las medidas más importantes de desempeño.

Tabla 72.Reducción de los tiempos promedio de ciclo, en horas, de la celda A y celda G
Fuente: Elaboración propia

Celda	Situación Actual	Propuesta	% reducción
A	448.4	67.6	85%
G	295.3	63.3	79%

Tabla 73. Reducción del trabajo en proceso

Fuente: Elaboración propia

Celda	Partes del Gabinete	Situación Actual	Propuesta	% reducción
A	Secciones	2927	811	72%
	Unidades	6600	1600	76%
G	Secciones	1673	314	81%
	Unidades	2180	645	70%
total	Secciones	4600	1125	76%
	Unidades	8780	2245	74%

Tabla 74. Aumento de la capacidad de producción de gabinetes por mes
Fuente: Elaboración propia

Celda	Situación Actual	Propuesta	% de Aumento
A	800	1400	75%
G	390	670	72%
Total	1190	2070	74%

- Para la implementación de las propuestas anteriores sólo es requerido la capacitación del personal que requiera reubicación y el personal dedicado a la asignación de unidades en las líneas de ensamblaje.

9.5 Recomendaciones

En función de la necesidad de mejorar los procesos productivos de la empresa y de las conclusiones planteadas se recomienda:

- Mejorar la distribución del personal en los procesos de ensamblaje de secciones, debido a las bajas utilizaciones de los operarios.
- Se deberán planificar jornadas de limpieza, en las áreas de procesamiento.
- La empresa deberá implantar las tres propuestas en conjunto, para lograr satisfacer la demanda.
- Realización de un estudio de Higiene y Seguridad Ocupacional para reducir la exposición al riesgo.
- Elaborar ayudas visuales que le permitan a los operarios conocer los pasos que se deben cubrir para la correcta realización de su operación.
- Adquisición de mobiliario adecuado para el área de almacenamiento intermedio

BIBLIOGRAFÍA

Arocha, F. T. (1992). *Gestión de manufactura. Nuevos enfoques de racionalización* . Caracas: Corporación Andina de Fomento (CAF) .

Bazaraa, M. S., Jarvis, J. J., & Sherali, H. D. (2007). *Programación Lineal y Flujo en Redes.* México: Limusa.

Benjamin, W. N., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial: métdos, estándares y diseño de trabajo* (Duodécima ed.). México, D.F: Mc Graw Hill.

Brunk, H. B. (1979). *Introducción a la estadística matemática.* Mexico: John Wiley & Sons, Inc.

García, J. C., & Martínez, M. R. (2008, Noviembre). *Metodología de la Investigación I.* Recuperado el Septiembre 20, 2015, de http://perso.wanadoo.es/aniorte_nic/apunt_metod_investigac4_4.htm.

Hernández Sampieri, R. (2010). *Metodología de la investigación* (5 ed.). México: Mc Graw Hill.

Kelton, D. W., Sadowski, R. P., & Sturrock, D. T. (2008). *Simulación con software Arena.* México: Mc Graw Hill.

McKeown, P. G., & Davis, R. K. (1986). *Modelos cuantitativos para administración.* México: Iberoamérica, S.A.

Moya, R. D. (2002). *El Proyecto Factible: Una modalidad de investigación.* Recuperado el Septiembre 20, 2015, de http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=41030203

Velez, L. V. (2015). *La investigación cualitativa.* Recuperado el Septiembre 23, 2015, de http://www.ponce.inter.edu/cai/Comite-investigacion/investigacion-cualitativa.html

ANEXOS

Anexo 1.

El siguiente anexo presenta las distribuciones más utilizadas en simulación con el paquete Arena v14.

Tabla 75. Distribuciones probabilísticas
Fuente: manual de Arena v14 "Getting Started with Arena"

Distribution		Parameter Values
Beta	BETA	Beta, Alpha
Continuous	CONT	$CumP_1, Val_1, \ldots CumP_n, Val_n$
Discrete	DISC	$CumP_1, Val_1, \ldots CumP_n, Val_n$
Erlang	ERLA	ExpoMean, k
Exponential	EXPO	Mean
Gamma	GAMM	Beta, Alpha
Johnson	JOHN	Gamma, Delta, Lambda, Xi
Lognormal	LOGN	LogMean, LogStd
Normal	NORM	Mean, StdDev
Poisson	POIS	Mean
Triangular	TRIA	Min, Mode, Max
Uniform	UNIF	Min, Max
Weibull	WEIB	Beta, Alpha

Anexo 2.

Para describir el proceso productivo de la planta se debe observar en un principio una visión macro el cual se puede observar en el Grafico 33, en el; mismo se observa la división entre la demanda estructural y la no estructural; siendo esta ultima el considerado para este Trabajo Especial de Grado.

En el Gráfico 36 se observa que un 70% de las órdenes van a la celda A y el otro 30 % a la celda G y a continuación en la ilustración 6 se puede apreciar los procesos al momento de ingresar a cualquiera de las dos celdas (tanto A como para G) ya que la diferencia radica en el número de líneas de ensamblaje:

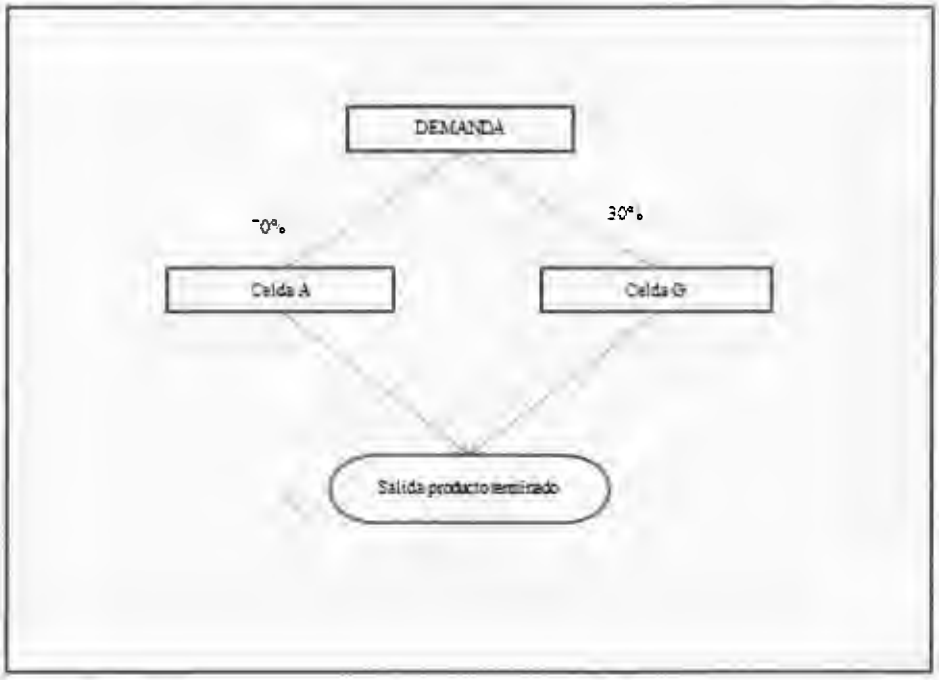


Gráfico 35 Diagrama de flujo del proceso productivo visión general
Fuente: Elaboración propia

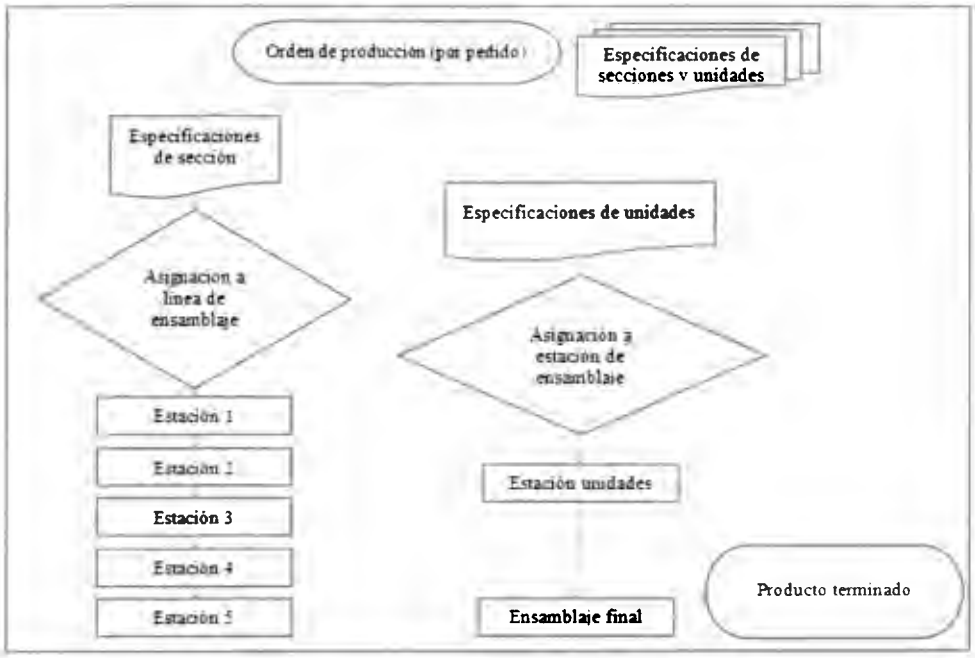


Gráfico 36 Diagrama de flujo del interior de una celda
Fuente: Elaboración propia

Las estaciones 1 y 2 son muy similares y se representan en el Gráfico 38.

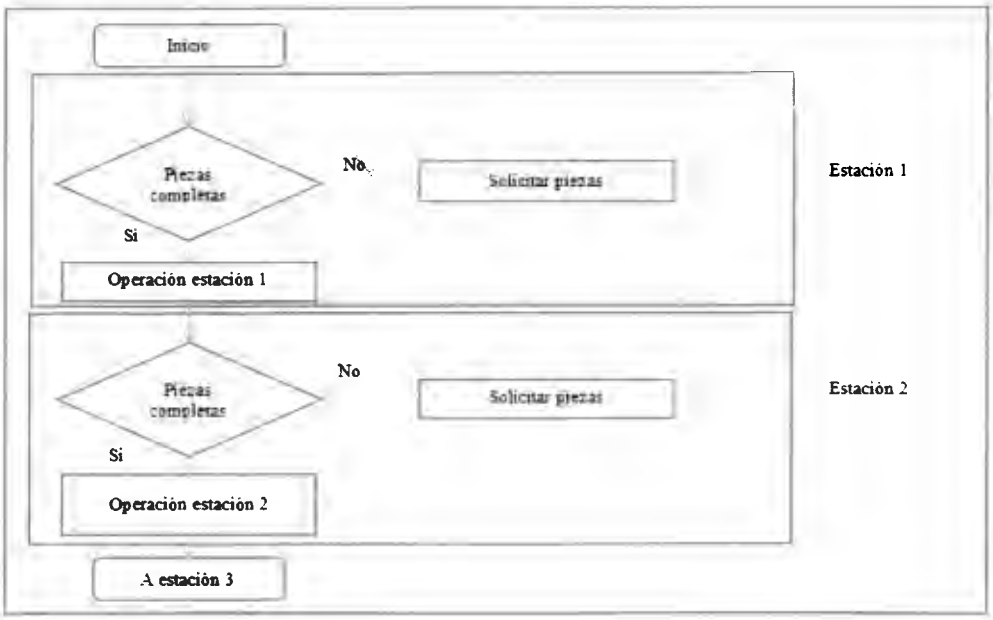


Gráfico 37 Diagrama de flujo de las estaciones 1 y 2
Fuente: Elaboración propia

Las estaciones 3, 4 y 5 tienen procesos distintos. Las estación 3 es la más particular y compleja del proceso productivo y se aprecia en el Gráfico 39:

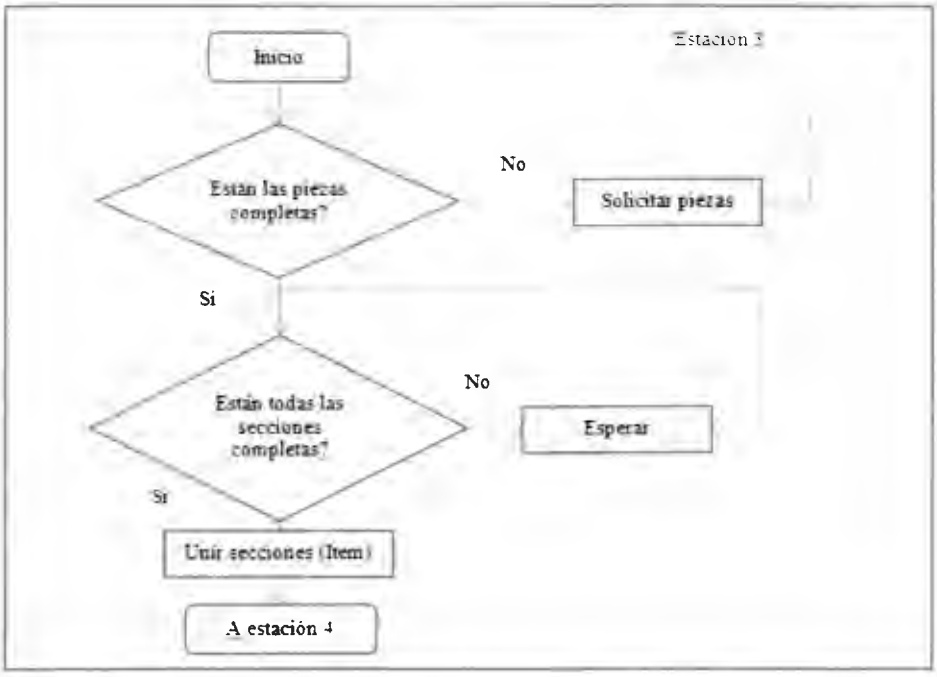


Gráfico 38 Diagrama de flujo de estación 3
Fuente: Elaboración propia

Las estaciones 4 y 5 se pueden apreciar en el Gráfico 40:

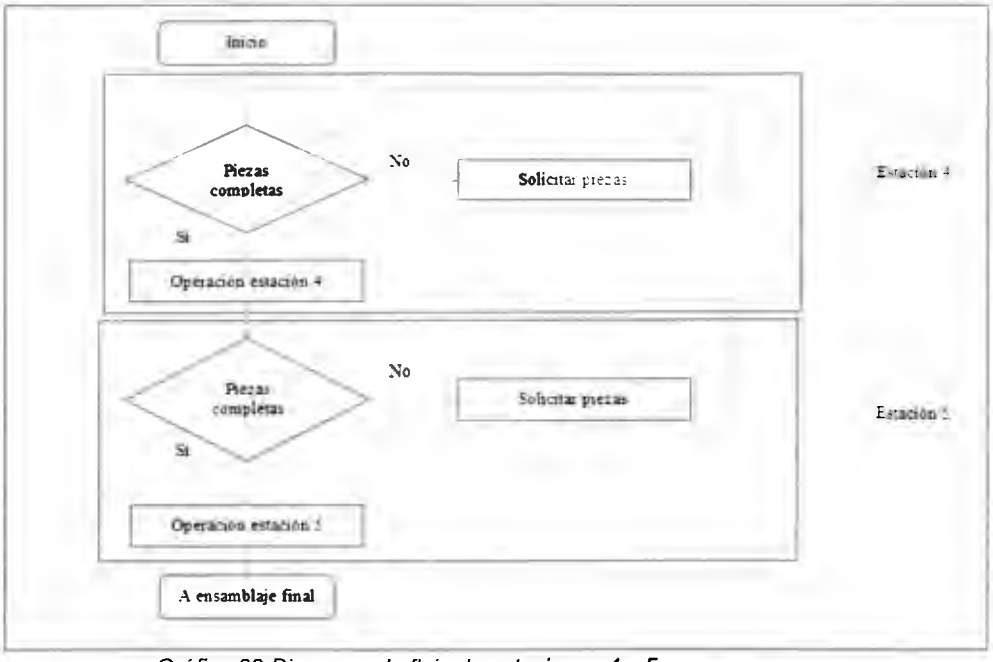


*Gráfico 39 Diagrama de flujo de **estaciones 4 y 5***
Fuente: Elaboración propia

Finalmente luego de pasar tanto las secciones como unidades por sus respectivas líneas de ensamblaje, se procede a ensamblar el mueble, solo cuando todas las piezas están completas, es aquí donde llegan al área de ensamblaje final representado en el Gráfico 41:

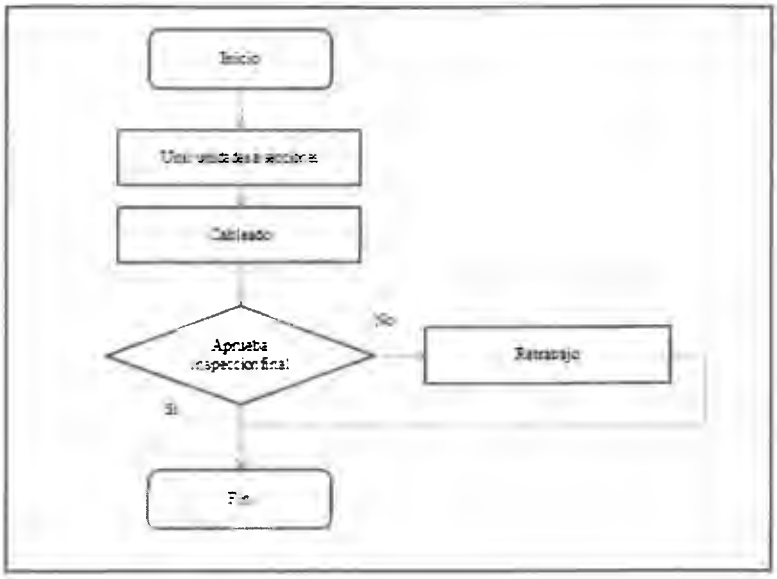


Gráfico 40 Diagrama de flujo de ensamblaje final
Fuente: Elaboración propia

Anexo 3.

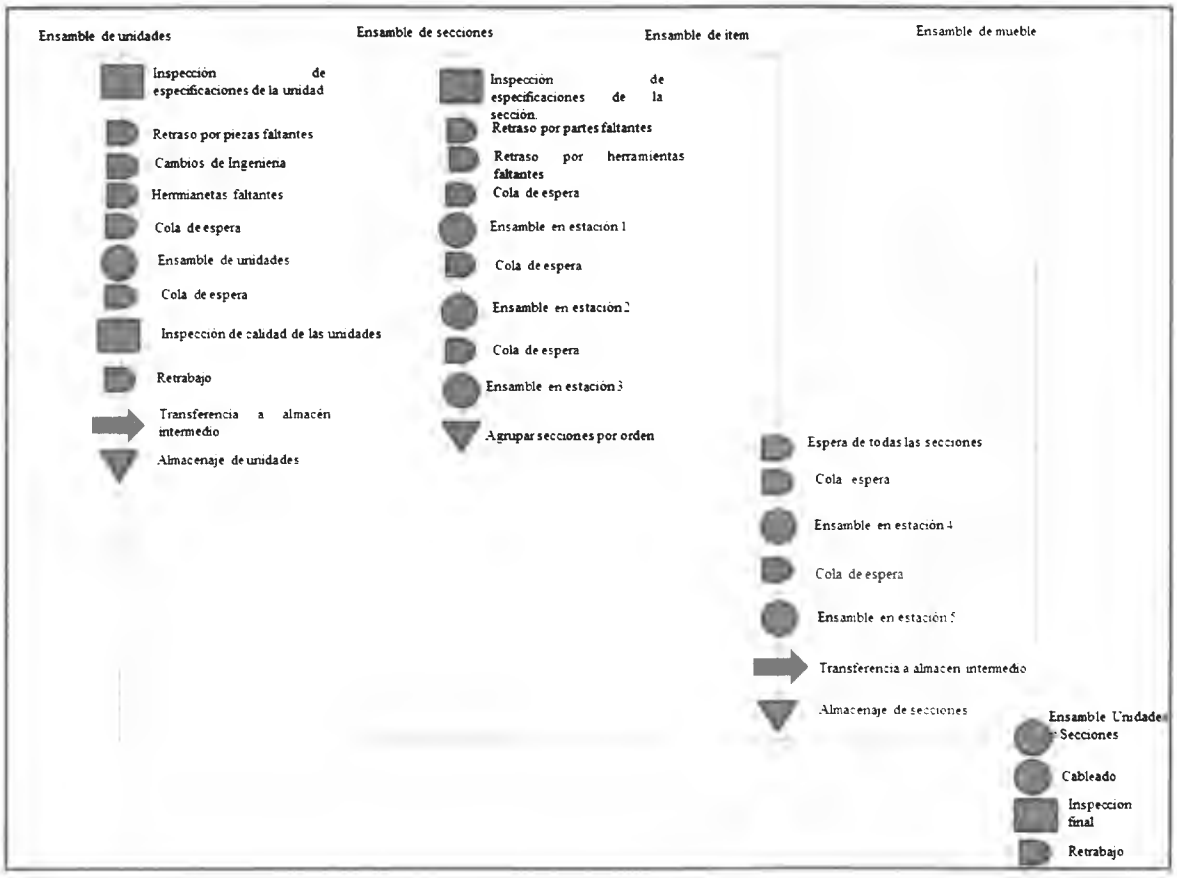


Gráfico 41. Diagrama de Procesos
Fuente: Elaboración Propia

Anexo 4.

El software utilizado para la realización del modelo fue el ARENA 14, a continuación se presenta el modelo en una visión general.

Nos enfocaremos en la parte superior del modelo para iniciar, cabe destacar que el modelo contiene dos submodelos los cuales se pueden apreciar en la siguiente Grafico 40:

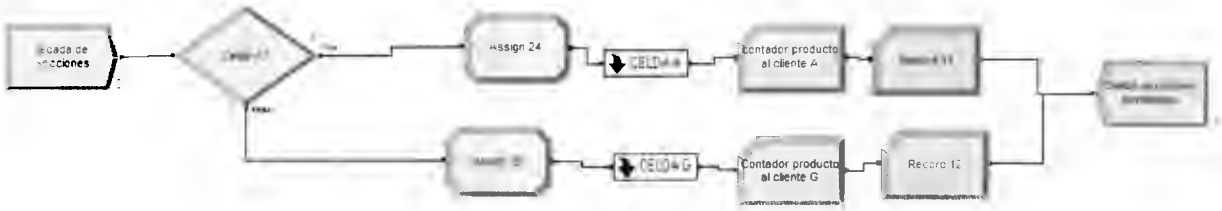


Gráfico 43 Visión general del modelo de simulación
Fuente: Elaboración propia

En la Gráfico 44 se inicia el modelo con el modulo créate, haciendo llegar las órdenes para luego ser asignadas a la celda A o G e ingresar a los submodelos "CELDA A" o "CELDA G", tanto los módulos tipo "Assign" y "Record" sirven para medir un tiempo total de la orden en el sistema y el total de ordenes terminadas respectivamente cuya información proviene del Grafico 8

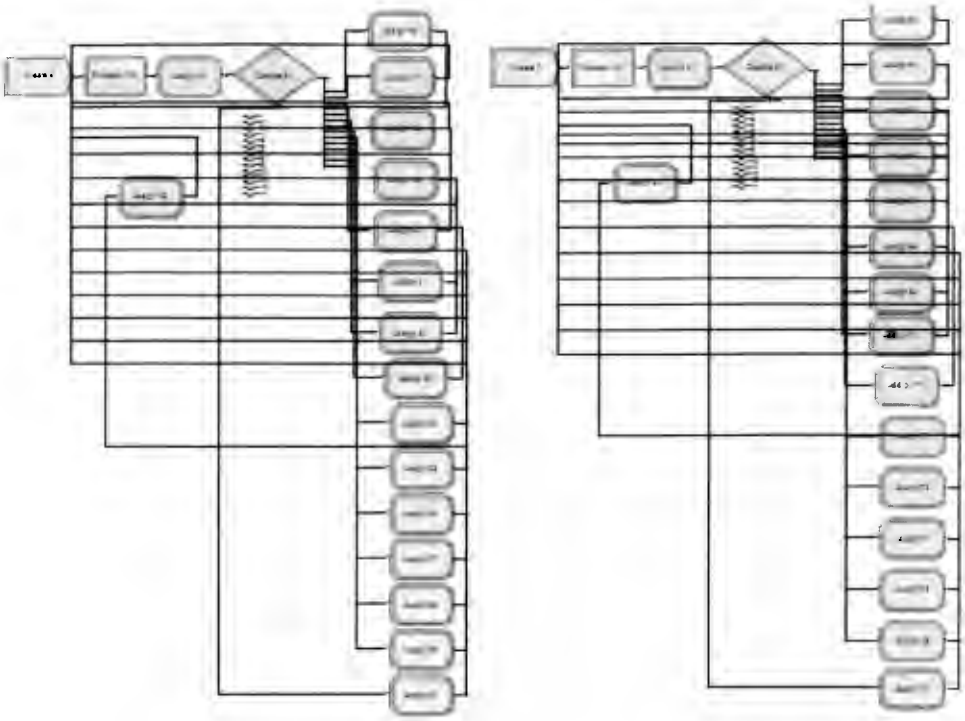


Gráfico 44 Lógica paralela de simulación de piezas faltantes
Fuente: Elaboración propia

En la Gráfico 45 se aprecian dos lógicas paralelas, una para la celda A (izquierda) y la otra (derecha) para la celda G, para simplificar la explicación se enfocara solo en la celda A (izquierda) dado que ambas son similares pero es necesario hacer una distinción entre ambas puesto que los valores de probabilidad son independientes a la celda a la que pertenecen.

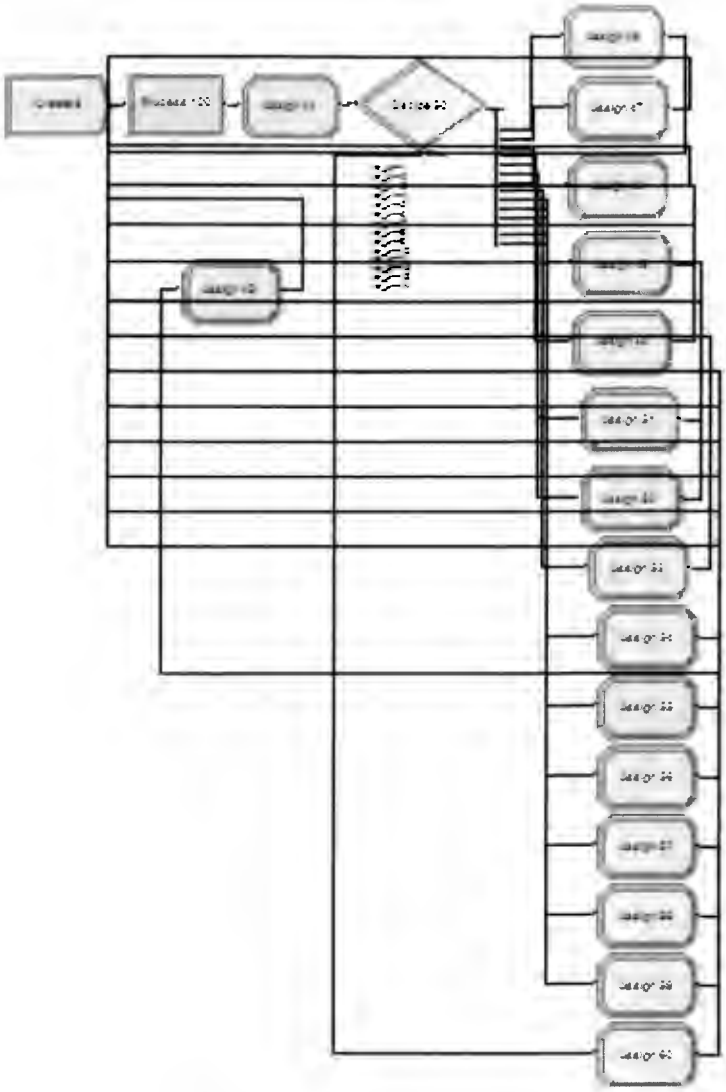
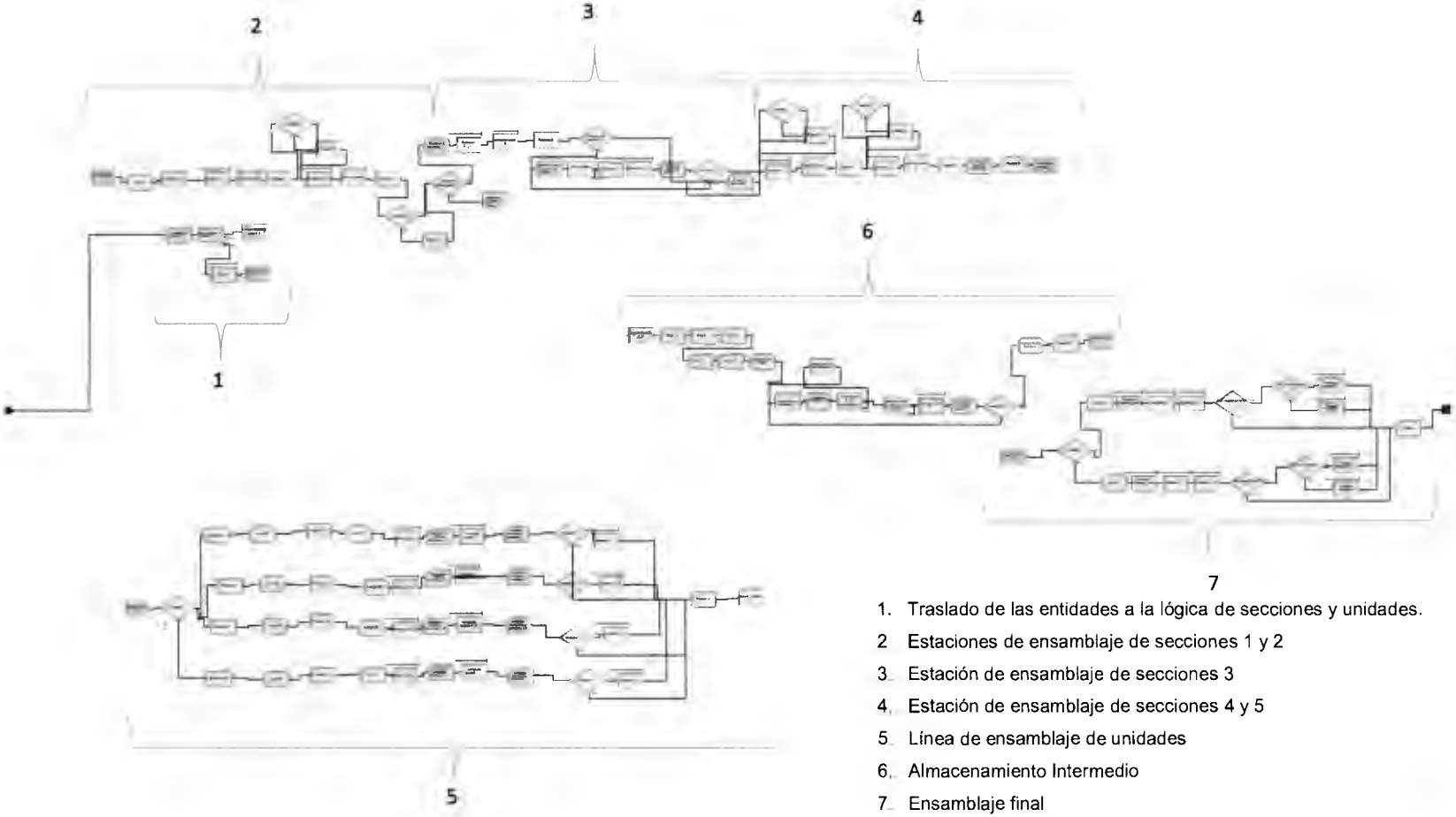


Gráfico 45 Estructura del modelo para el manejo de piezas faltantes de la celda A
Fuente: Elaboración Propia

Estructura del modelo para el manejo de piezas faltantes de la celda A:
En el Gráfico 46 se aprecia un módulo "Create" que genera una entidad, el cual en el módulo "Process 100" se simula un "delay" de siete días y en el "Assign 44" se asigna una variable la cual aumenta su valor en 1, en el "Decide" se asigna a un "Assign" que le da un valor de variable de la Grafico 8 y que se resetea a un valor igual a 1 cuando transcurren los 14 valores posibles.

Una vez que ingresamos al submodelo de la "CELDA A" nos encontramos con el Gráfico 47, mostrado a continuación



1. Traslado de las entidades a la lógica de secciones y unidades.
2. Estaciones de ensamblaje de secciones 1 y 2
3. Estación de ensamblaje de secciones 3
4. Estación de ensamblaje de secciones 4 y 5
5. Línea de ensamblaje de unidades
6. Almacenamiento Intermedio
7. Ensamblaje final

Gráfico 46 Simulación de la celda A separada por partes
Fuente: Elaboración propia

Para esquematizar la explicación se procedió a separar el Gráfico 47 en 7 partes:

1. Traslado de las entidades a la lógica de secciones y unidades.
2. Estaciones de ensamblaje de secciones 1 y 2
3. Estación de ensamblaje de secciones 3
4. Estación de ensamblaje de secciones 4 y 5
5. Línea de ensamblaje de unidades
6. Almacenamiento Intermedio
7. Ensamblaje final

Parte 1: Creación y traslado de entidades de secciones y unidades

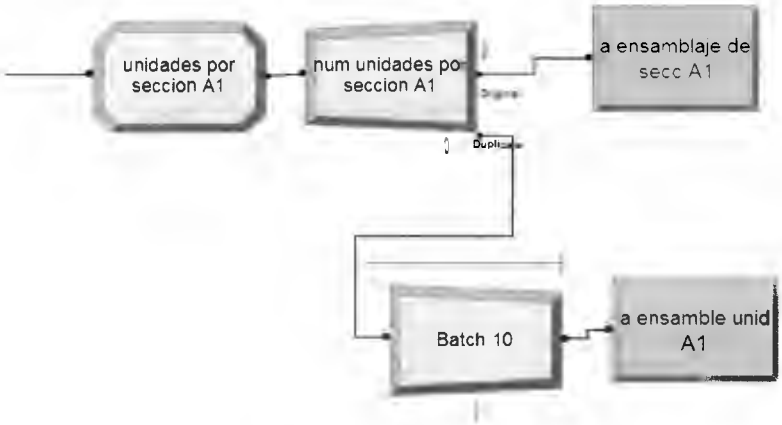


Gráfico 47 Simulación creación y traslado de entidades de secciones y unidades
Fuente: Elaboración Propia

El assign "unidades por sección A1" le asigna a la entidad un atributo de número de unidades por sección según ANINT(TRIA(0.51 , 4 , 12.49)), posteriormente en función del número de unidades asignadas se realiza un duplicado cuya entidad original se va a la ruta"a ensamblaje de secc A1" el cual se dirige a la estación "ensamble secc A1" Grafico 45 mientras que las unidades (duplicados) se dirigen a la ruta "a ensamble unid A1" para ser enviadas a la estación "ensamble unid A.1"

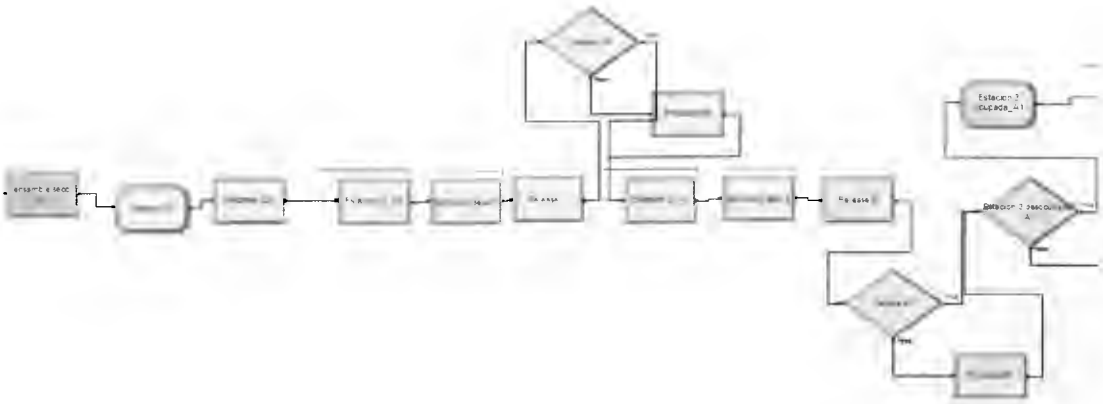


Gráfico 48 Simulación estaciones de ensamblaje de secciones 1 y 2
Fuente: Elaboración propia

Parte 2: Estaciones de ensamblaje de secciones 1 y 2

Se inicia en la estación "ensamble secc A.1" el cual pasa por un "Assign 91" el cual le da 4 atributos a la entidad, los cuales son usados en combinación con "Process 124" para simular las demoras por piezas faltantes:

Gráfico 50 Assign 91
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 49 Process 124
Fuente: Elaboración propia

Posteriormente pasa por "Estacion 1_A1" y luego al "Decide 39" en donde hay una inspección y en caso de faltar piezas la entidad es dirigida al "process 89" en donde se simula el delay TRIA (1; 60; 720) horas por piezas faltantes para luego dirigirse a la estación dos "Estacion 2_A1" y pasa a una inspección de piezas faltantes perteneciente a la estación 3.

Parte 3: Estación de ensamblaje de secciones 3

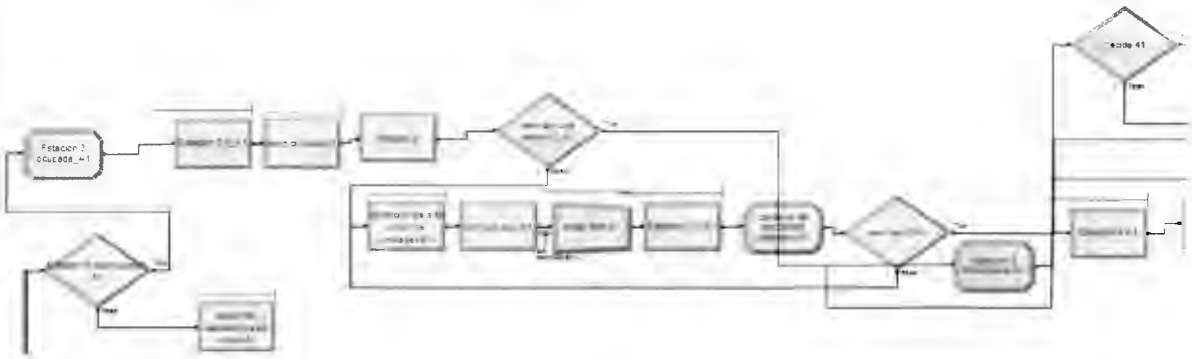


Gráfico 51 Simulación estación de ensamblaje de secciones 3
Fuente: Elaboración propia

e

piezas faltantes comprendido por el decide "Decide 40" y "process 90" luego encuentra el modulo decide "Estación 3 desocupada? A1" en donde la primera entidad que pasa por "Estación 3 ocupada_A1" le coloca el valor 1 a la variable "est3_ocupada_A1" haciendo que cualquier entidad que ingrese a "Estación 3 desocupada? A1"vaya a un hold infinito cuya cola se utiliza en el remove "remover secc A1" solo en caso de que la orden diga que tiene más de una sección y un atributo de numero de secciones.

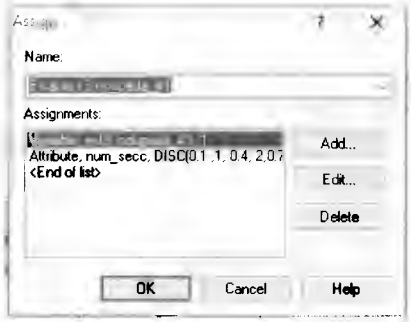


Gráfico 52 Assign estacion 3 ocupada_A1
Fuente: Elaboración propia

Luego la entidad pasa por "Estacion 3.1_A1" en donde se simulan los procesos de transformación de la estación 3 para luego llegar al decide "ítem con una sección?_A1" en donde se lee

el atributo “num_secc” y en caso de ser mayor a uno se pasa al conjunto de procesos comprendidos por “condición para la unión de unidades A1”, “remover secc A1”, “crear ítem A1”, “estacion 3.2 A1”; “contador de secciones faltantes A1” y al final “ítem listo? A1”; todos estos procesos crean un “loop” que se repite tantas veces como lo indique el valor de “num_secc” hasta agruparlos en un “batch” y simular el tiempo empleado en unir las secciones en la “estacuib 3.2 A1” para luego pasar a “estacion 3 desocupada A1” en donde la variable “est3_ocupada_A1” pasa al valor cero y permite la entrada de una nueva entidad.

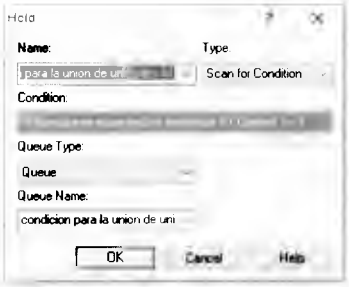


Gráfico 55 Condición para la unión de unidades A1
Fuente: Elaboración propia

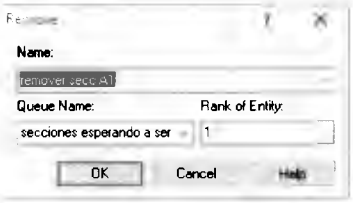


Gráfico 53 Remover secc A1
Fuente: Elaboración propia

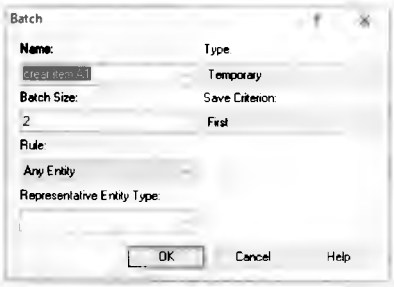


Gráfico 54 Crear item A1
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 58 item listo? A1
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 56 Estacion 3.2 A1
Fuente: Elaboración propia

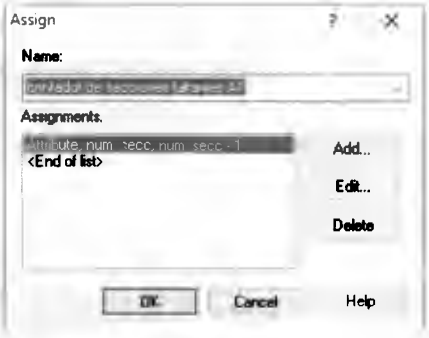


Gráfico 57 contador de secciones faltante A1
Fuente: Elaboración propia

Parte 4: Estaciones de ensamblaje de secciones 4 y 5

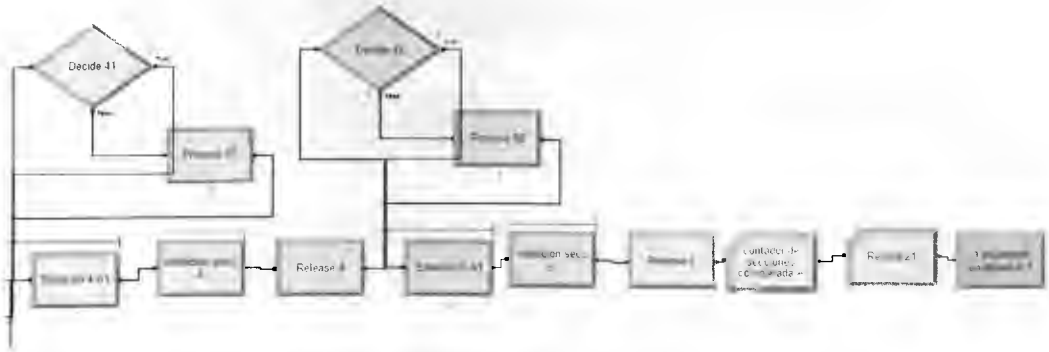


Gráfico 59 Simulación estaciones de ensamblaje de secciones 4 y 5
Fuente: Elaboración propia

Luego de salir de la estación 3, la entidad entra en el "Decide 41" y "process 91" en donde se simula al igual que las otras estaciones la posibilidad de piezas faltantes y entra a la "Estación 4 A1" en donde se simulan los procesos de transformación de la estación 4 para luego ser dirigido al "Decide 42" en donde al igual que en la estación 4 se simula con procesos similares la estación 5, el "contador de secciones completada A" y "record 21" sirven para contar las entidades salientes y el tiempo transcurrido entre cada una respectivamente para luego dirigirse a la ruta "a espera de unidades A.1".

Gráfico 61 contador de secciones completada A
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 60 Record 21
Fuente: Elaboración propia

Parte 5: Línea de ensamblaje de unidades

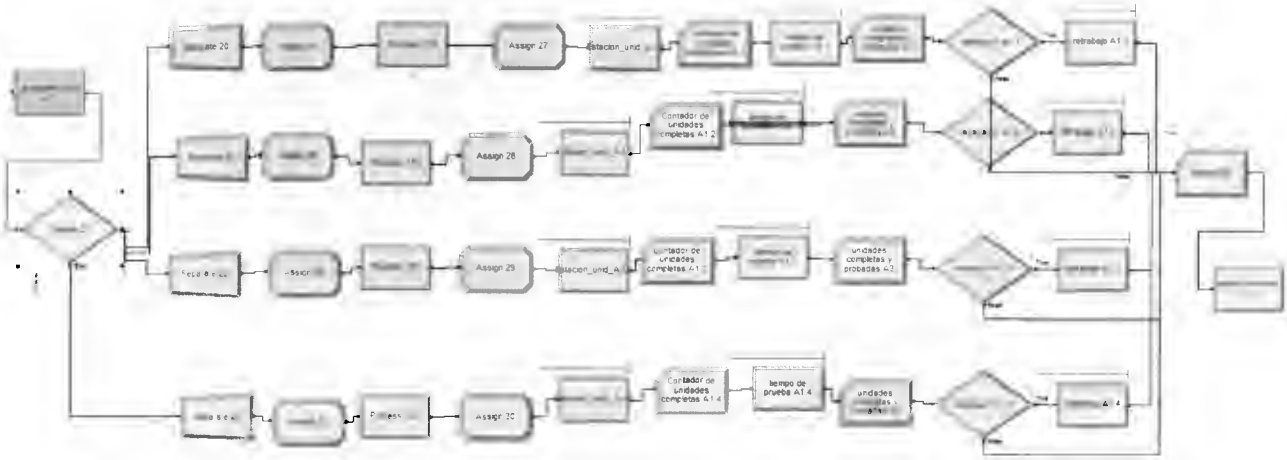


Gráfico 62 Simulación línea de ensamblaje de unidades
Fuente: Elaboración propia

Las entidades que llegan a la estación "ensamble unid A.1" provienen de la ruta "a ensamble unid A1", el "decide 27" separa en un tipo "N-way by chance" del 25% para cada línea representada por los separate 20, 21, 22 y 23, se explicara la línea del proceso "separate 20" solamente ya que las otras 3 son similares.

El "separate 20" separa el batch proveniente del "batch 10" y al llegar al "Assign 81" se asignan 6 atributos los cuales simulan en combinación con "process 118" los tiempos de reposición de piezas faltantes, cambios de ingeniería, etc.:

Gráfico 63 Process 118
Fuente: Elaboración propia

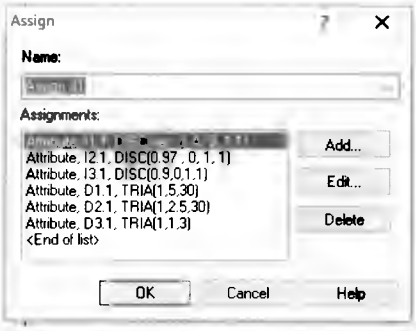


Gráfico 64 Assign 81
Fuente: Elaboración propia

Luego el "assign 27" le asigna el nivel de dificultad de la unidad y su tiempo respectivo como se aprecia en la Gráfico 67 y Gráfico 66

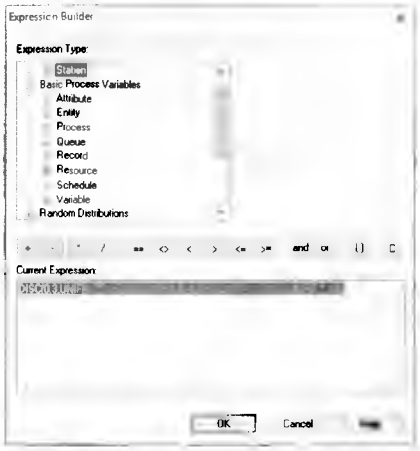


Gráfico 65 Expression Builder Del Assign 27
Fuente: Elaboración propia

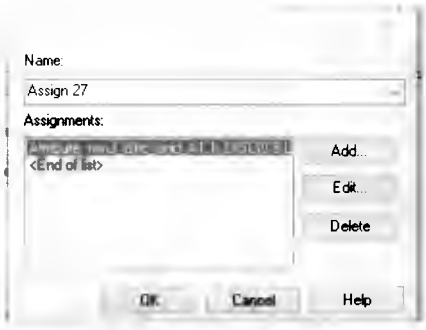


Gráfico 66 Assign 27
Fuente: Elaboración propia

El tiempo del "assign 27" se usa en la "estacion_unid_A1" con un proceso de duración contenida en el atributo "nivel_dific_unid_Aa.1".

El "contador de unidades completas A1.1" funciona como un contador de entidades para luego pasar al "tiempo de prueba A1.1" en donde se prueban las unidades según una distribución UNIF (0,15; 0,30) horas para luego pasar a un decide que simula un 10% de que la entidad sea enviada a retrabajo en el proceso "retrabajo A1.1", posteriormente se envía a un hold infinito "espera unidades A1" en donde esperan a ser removidas por la lógica de la parte 6: espera de unidades

Parte 6: Almacenamiento intermedio

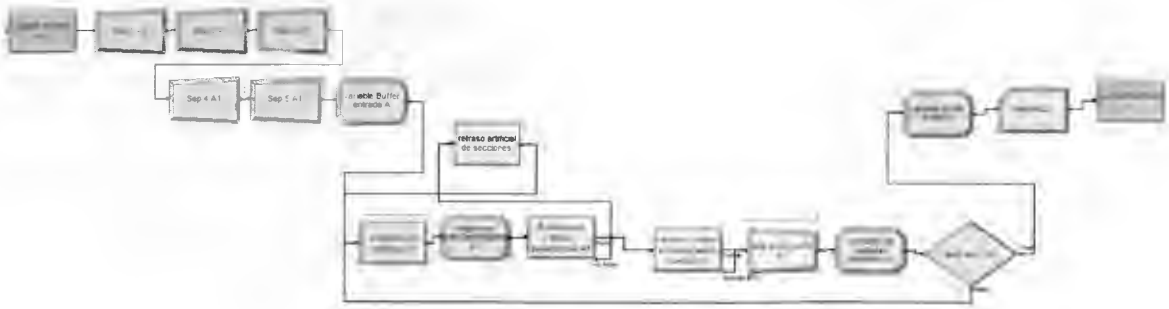


Gráfico 67 Simulación almacenamiento intermedio
Fuente: Elaboración propia

La estación "espera de unid A.1" recibe entidades de la ruta "a espera de unid A.1" en donde pasan por 5 separates que separan el lote de entidades , luego se dirigen a un hold del tipo "scan by condition" llamado "existencia de unidades A1" en donde se le asigna la variable "ESN_A1" con su número serial de entidad en donde al entrar al conjunto de procesos "Buscar igual entityserialnumber A1" y "remover unidades por entity serial number A1" se retiran los duplicados de la entidades almacenados en la cola "espera de unidades A1" (mencionado al final de la parte 5) ubicado en la Gráfico 63.El proceso "unir secc y unid A1" es un batch del tipo permanente de dos entidades que luego al pasar por "contador de unidades faltantes A1" se reduce el atributo "unid_secc" en uno, en donde el decide hace que se repita esta proceso hasta que el mismo tenga un valor de cero y pasándolo por un "retraso artificial de secciones" con un delay de 1 minuto.

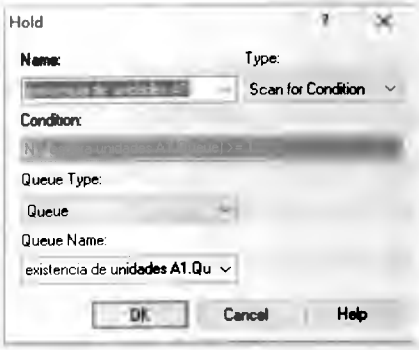


Gráfico 70 Hold existencia de unidades A1
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 68 Assign Asignacion EntitySerialNumber A1
Fuente: Elaboración propia

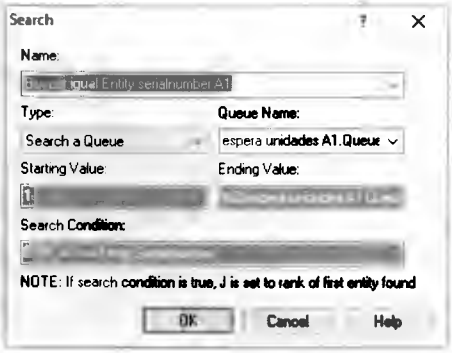


Gráfico 69 Search Buscar igual Entity serialnumber A1
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 73 Assign Contador deunidades faltantes A1
Fuente: Elaboración propia

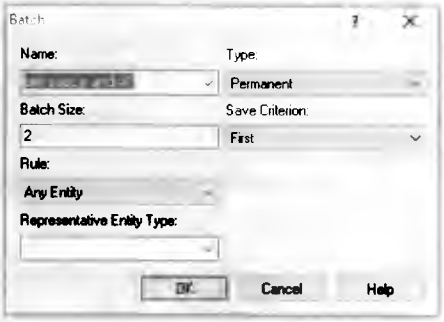


Gráfico 71 Batch unir secc y unid A1
Fuente: Elaboración propia

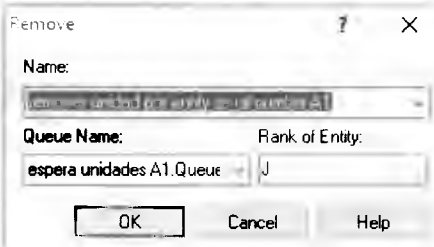


Gráfico 72 Remove remover unidad por entity serial number A1
Fuente: Elaboración propia

Parte 7: Ensamblaje final

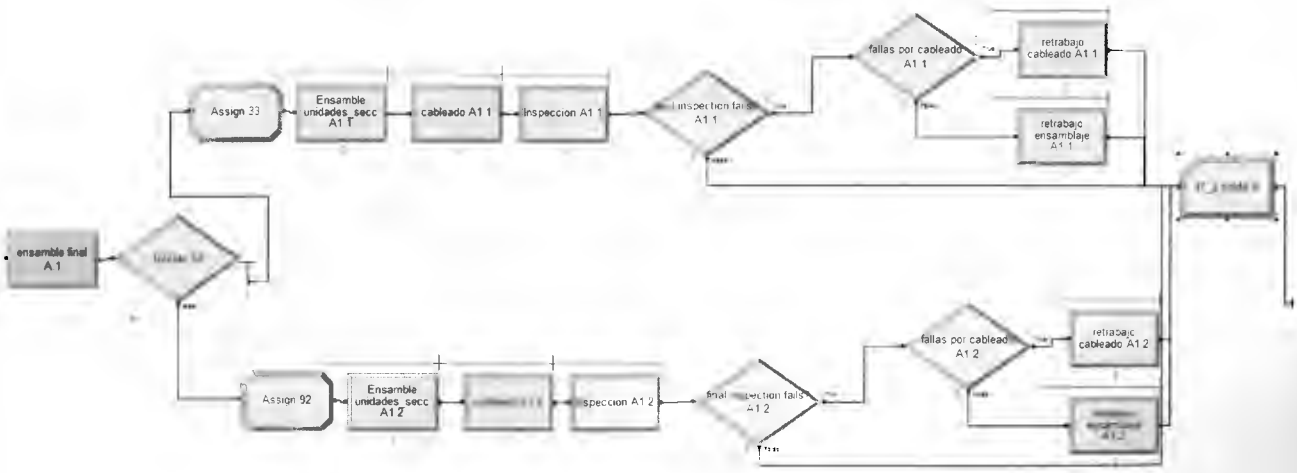


Gráfico 74. Simulación, dos líneas de ensamblaje final. Celda A
Fuente: Elaboración Propia

El ensamblaje final consiste en dos líneas idénticas, para describirlo se hará solo con la parte superior (procesos por la salida true del "Decide 58") ya que ambos presentan la misma lógica.

Las entidades provenientes de la ruta "a ensamble final" llegan a la estación "ensamble final A1" en donde el "Decide 58" del tipo "N-way by chance" del 50% los asigna a cualquiera de las dos líneas; el "Assign 33" sirve para asignar los atributos "Dist_global_final_assembly1.1" que es el tiempo a ser leído por el proceso "Ensamble unidades_secc_A1.1" y el atributo "t7_2 A" , luego el :"cableado A1.1" e "Inspeccion A1.1" usan el mismo "Dist_global_final_assembly1.1" multiplicado por un factor 0,3 y 0,1 respectivamente, finalmente pasan por dos procesos decide en donde "final inspection fails A1.2" y "fallas por cableado A1.2" son del tipo "2-way by chance" del 10% y 80% respectivamente" en donde luego pasan por el proceso "retrabajo cableado A1.2" o "retrabajo ensamblaje A1.2".

Al final pasan por el record "t7_2 celda A" del tipo "time interval" en donde se registra el tiempo empleado en ensamblaje final

Toda la descripción anterior aplica para la celda A, a modo de información se agrega la ilustración de la celda G la cual como se mencionó anteriormente funciona de forma similar a la ceda A solo que con una línea de ensamblaje de unidades en vez de cuatro.

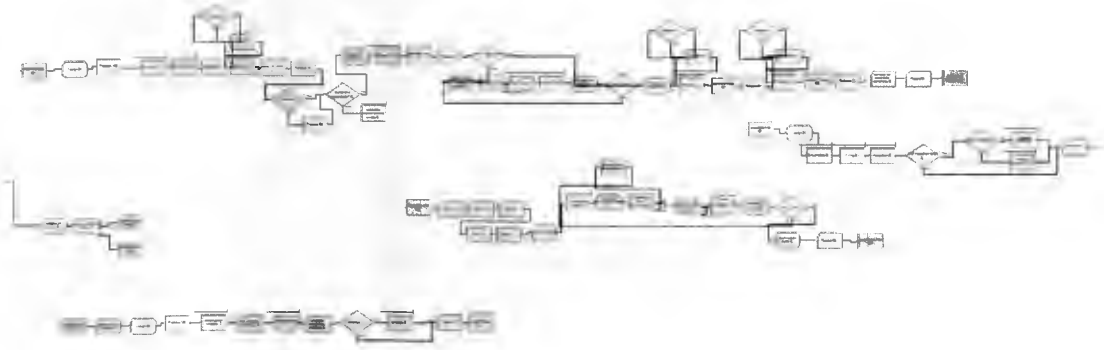


Gráfico 75 Simulación celda G
Fuente: Elaboración propia

Anexo 5.

A petición de la empresa, se comprobaron las distribuciones probabilísticas de los procesos en ensamblaje final, dado que poseen cierta incertidumbre en los datos recabados en esa área.

A continuación se muestran los datos obtenidos, una vez realizado el muestreo. Donde la celda A, sólo se realizará el muestreo en la línea 1, debido a que poseen los mismos procesos y personal lo suficientemente capaz para ejercer las operaciones con la misma destreza.

Tabla 76. Datos medidos en minutos por sección procesada
Fuente: Elaboración Propia

Celda A			Celda G		
Ensamblaje de secciones y unidades	Cableado	Inspección	Ensamblaje de secciones y unidades	Cableado	Inspección
318	159	53	90	5	11
537	268	89	93	5	11
120	60	20	112	7	13
326	163	54	580	34	68
206	103	34	68	4	8
399	200	67	90	5	11
124	62	21	99	6	12
280	140	47	98	6	11
153	76	25	86	5	10
153	77	26	84	5	10
325	163	54	175	10	21
106	53	18	81	5	10
350	175	58	109	6	13
275	138	46	83	5	10
433	217	72	67	4	8
201	100	33	75	4	9
68	34	11	153	9	18
126	63	21	158	9	19
151	76	25	106	6	12
54	27	9	62	4	7
42	21	7	77	5	9
121	60	20	105	6	12
227	114	38	68	4	8
95	48	16	167	10	20
187	93	31	58	3	7
124	62	21	85	5	10
217	109	36	97	6	11
368	184	61	143	8	17
63	32	11	153	9	18
106	53	18	180	11	21
64	32	11	796	47	94
69	34	11	91	5	11
207	103	34	107	6	13
154	77	26	54	3	6
223	112	37	121	7	14
133	67	22	60	4	7
85	43	14	67	4	8
148	74	25	138	8	16

A partir de los datos anteriores, se realizó una prueba de bondad de ajuste, la cual consiste en el siguiente contraste de hipótesis.

H_0: Los datos se ajustan a una distribución Fx(x)

H_1: $Los\ datos\ no\ se\ ajustan\ a\ una\ distribución\ (x)$

Lo cual fue realizado mediante el input analyzer del paquete de simulación Arena v14, con la misma distribución probabilística obtenida por la empresa, pero con los parámetros generados por el paquete, obteniendo la siguiente tabla.

Tabla 77. Distribuciones proporcionadas por la empresa y ajustadas con base a los datos
Fuente: Elaboración Propia, a partir de la información suministrada por la empresa

Celda	Proceso	Distribución proporcionada por la empresa	Distribución ajustada a partir de la muestra
A	Ensamblaje de secciones y unidades	TRIA(36;159;550)	TRIA(42;153;537)
	Cableado	TRIA(18;79;273)	TRIA(21;77;268)
	Inspección	TRIA(1;30;98)	TRIA(7;26;89)
G	Ensamblaje de secciones y unidades	TRIA(30;90;800)	TRIA(54;95;796)
	Cableado	TRIA(1;15;105)	TRIA(6;11;94)
	Inspección	TRIA(1;13;110)	TRIA(6;11;94)

Los resultados obtenidos no pudieron rechazar el ajuste a las distribuciones mostradas en la tabla anterior, con un nivel de significación de 5%. En donde podemos observar que no existen grandes diferencias entre las distribuciones, por lo cual, es aceptable la utilización de las distribuciones obtenidas por la empresa para el modelo de simulación.