

**DIAGNÓSTICO DE LA SINCRONIZACIÓN EN LA CELDA DE ENSAMBLE DE LA
EMPRESA ABC**

**CLAUDIA LORENA CALERO DELGADO
KAROL LINA PÉREZ GARCÍA**

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2012**

**DIAGNÓSTICO DE LA SINCRONIZACIÓN EN LA CELDA DE ENSAMBLE DE LA
EMPRESA ABC**

**CLAUDIA LORENA CALERO DELGADO
KAROL LINA PÉREZ GARCÍA**

**Trabajo de grado presentado como requisito para obtener el título de
Ingeniero Industrial**

**Tutor Académico:
Leonardo Rivera Ph. D.
Luis Felipe Cardona Ingeniero Industrial**

**Co-Tutora de Simulación:
Katherine Vargas Ingeniera Industrial**

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2012**

CONTENIDO

	pág.
1. ELECCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL TEMA	9
1.1 TITULO DEL TRABAJO	9
1.2 PROBLEMA A TRATAR	9
1.2.1 Planteamiento del problema.	9
1.2.2 Análisis del problema.	9
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	12
1.4 DELIMITACIÓN Y ALCANCE	12
2. OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GENERAL	13
2.2 OBJETIVO DEL PROYECTO	13
2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3. MARCO DE REFERENCIA	14
3.1 ANTECEDENTES	14
3.2 MARCO TEÓRICO	15
3.2.1 Producción intermitente.	15
3.2.2 Producción en flujo.	15
3.2.3 Manufactura Sincrónica.	16
3.2.4 Indicadores.	17
3.4 APORTE CRÍTICO	17
4. METODOLOGÍA	18
4.1 MATRIZ DE MARCO LÓGICO	18
4.2 ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO	20
4.2.1 Recursos disponibles.	20
4.2.2.1 Equipos.	20
4.2.2.2 Recursos humanos.	20
4.3 CRONOGRAMA	20
5. DOCUMENTACIÓN DEL PROCESO	21
5.1 SELECCIÓN DE LA FAMILIA DE PRODUCTOS	21
5.2 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO Y GRÁFICO DE RUTA	23
5.3 LISTA DE MATERIALES, DIAGRAMA DE ENSAMBLE Y OPERACIONES	25
5.4 MAPA DE LA CADENA DE VALOR	31
5.5 ESTUDIO DE TIEMPOS	32

5.5.1 Estudio de tiempos costado.	33
5.5.2 Estudio de tiempos pedestal. Se realizó	37
6. DIAGNÓSTICO DE LA SINCRONIZACIÓN EN LA CELDA DE ENSAMBLE	44
6.1 RECOLECCIÓN Y VALIDACIÓN DE LA INFORMACIÓN	44
6.1.1 Datos.	44
6.1.2 Recolección de los datos.	44
6.1.3 Análisis de los datos.	44
6.1.3.1 Tiempos para pedestales.	45
6.1.3.2 Tiempos para costados.	46
6.2 ELABORACIÓN DE UN MODELO DE SIMULACIÓN	47
6.2.1 Locaciones.	47
6.2.2 Entidades.	49
6.2.3 Recursos.	49
6.2.4 Distribuciones de usuario.	49
6.2.4.1 Tipo de producto.	49
6.2.4.2 Cantidad a producir.	50
6.2.5 Número de corridas del modelo.	50
6.2.6 Diagrama de simulación.	51
6.2.7 Código del modelo.	52
6.3 PROPUESTA DE SINCRONIZACIÓN EN LA CELDA DE ENSAMBLE	52
6.3.1 Escenario Actual Costados y Pedestales.	52
6.3.2 Propuesta 1 balanceo de actividades Costados.	55
6.3.3 Propuesta 2 reducciones del desplazamiento Costados.	57
6.3.5 Propuesta 4 balanceo de las actividades Pedestal.	61
6.3.6 Propuesta 5 reducciones del desplazamiento Pedestal.	63
6.3.7 Propuesta 6 balanceo de actividades y reducción de desplazamientos Pedestal.	65
6.4 DIAGRAMA DE SPAGHETTI	68
7. PROPUESTA DE SINCRONIZACIÓN DE LAS AREAS PROVEEDORAS DE ENSAMBLE	71
7.1 ESCENARIOS PARA LA SINCRONIZACIÓN EN COSTADOS	71
7.1.1 Escenario 1 real en costados.	71
7.1.2 Escenario 2 esperado en costados.	73
7.1.3 Escenario 3 propuesto en costados.	73
7.2 ESCENARIOS PARA LA SINCRONIZACIÓN EN PEDESTALES	74
7.2.1 Escenario 1 real en pedestal.	75
7.2.2 Escenario 2 esperado en pedestal.	76
7.2.3 Escenario 3 propuesto en pedestal.	77
8. OBSERVACIONES	79

9. RECOMENDACIONES	81
10. CONCLUSIONES	82
BIBLIOGRAFÍA	83
ANEXOS	84

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Diagrama de Procesos de ABC	10
Figura 2. Producto en proceso en la celda de ensamble	11
Figura 3. Cuello de botella celda de ensamble	11
Figura 4. Pareto por familia de productos	22
Figura 5. Gráfico de ruta del proceso	25
Figura 6. Lista de materiales costado	26
Figura 7. Lista de materiales pedestal	26
Figura 8. Diagrama de ensamble costado	27
Figura 9. Diagrama de ensamble pedestal	28
Figura 10. Diagrama de operaciones del costado	29
Figura 11. Diagrama de operaciones del pedestal	30
Figura 12. Mapa de la cadena de valor del costado	31
Figura 13. Mapa de la cadena de valor del pedestal	32
Figura 14. Diagrama de simulación	51
Figura 16. Gráfico de recursos escenario actual	54
Figura 17. Gráfico capacidad en las locaciones escenario actual	54
Figura 18. Gráfico de recursos propuesta 1 Costados	56
Figura 19. Gráfico capacidad de las locaciones propuesta 1 Costados	57
Figura 20. Gráfico recursos propuesta 2 Costados	58
Figura 21. Gráfico capacidad de las locaciones propuesta 2 Costados	59
Figura 22. Gráfico de recursos propuesta 3 Costados	60
Figura 23. Gráfico capacidad de las locaciones propuesta 3 Costados	61
Figura 24. Gráfico de recursos propuesta 4 Pedestal	62
Figura 25. Gráfico de capacidad de locaciones propuesta 4 Pedestal	63
Figura 26. Gráfico de recursos propuesta 5 Pedestal	64
Figura 27. Gráfica capacidad de las locaciones propuesta 5 Pedestal	65
Figura 28. Gráfico recursos propuesta 6 Pedestal	66
Figura 29. Gráfico capacidad de las locaciones propuesta 6 Pedestal	67
Figura 30. Diagrama de Spaghetti	68

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Matriz de marco lógico	18
Tabla 2. Clasificación de productos en familias	22
Tabla 3. Diagrama de flujo de proceso costado	23
Tabla 4. Diagrama de flujo de proceso pedestal	24
Tabla 5. Estudio de tiempos alistar material para el costado	33
Tabla 6. Estudio de tiempos colocar tapa para el costado	34
Tabla 7. Estudio de tiempos instalar soporte para el costado	35
Tabla 8. Estudio de tiempos instalar nivelador para el costado	36
Tabla 9. Estudio de tiempos empacar para el costado	37
Tabla 10. Estudio de tiempos alistar material para el pedestal	38
Tabla 11. Estudio de tiempos armar gavetas para el pedestal	39
Tabla 12. Estudio de tiempos instalar frente a gavetas para el pedestal	40
Tabla 13. Estudio de tiempos acondicionar coraza para el pedestal	41
Tabla 14. Estudio de tiempos ensamble general para el pedestal	42
Tabla 15. Estudio de tiempos empaque para el pedestal	43
Tabla 16. Resumen prueba de normalidad Pedestales	46
Tabla 17. Resumen prueba de normalidad Costados	47
Tabla 18. Tiempo promedio de pedidos escenario actual	53
Tabla 19. Balanceo de tiempo de actividades Costados	55
Tabla 20. Tiempo promedio de pedidos propuesta 1 costados	55
Tabla 21. Tiempo promedio de pedidos propuesta 2 Costados	57
Tabla 22. Tiempo promedio de pedidos propuesta 3 Costados	60
Tabla 23. Balanceo de tiempo de actividades Pedestal	61
Tabla 24. Tiempo promedio de pedidos propuesta 4 Pedestal	62
Tabla 25. Tiempo promedio de pedidos propuesta 5 Pedestal	64
Tabla 26. Tiempo promedio de pedidos propuesta 6 Pedestal	66
Tabla 27. Sincronización escenario 1 Costado	72
Tabla 28. Sincronización escenario 2 Costado	73
Tabla 29. Sincronización escenario 3 Costado	74
Tabla 30. Sincronización escenario 1 Pedestal	76
Tabla 31. Sincronización escenario 2 Pedestal	77
Tabla 32. Sincronización escenario 3 pedestal	78

ANEXOS

	pág.
Anexo A. Cronograma	84
Anexo B. Análisis de datos pedestal	85
Anexo C. Análisis de datos costado	94
Anexo D. Código del modelo	99

1. ELECCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL TEMA

1.1 TITULO DEL TRABAJO

Diagnóstico de la sincronización en la celda de ensamble de la empresa ABC.

1.2 PROBLEMA A TRATAR

1.2.1 Planteamiento del problema. La celda de ensamble en la empresa ABC es un punto de convergencia de materiales que provienen de varias áreas de la planta: metalmecánica, pintura, carpintería y suministro de artículos comprados. Inicialmente, en el 60% de los pedestales y en el 35% de los costados no solo no se encontraban las piezas completas y necesarias para ensamblar los productos de los pedidos a los cuales se había programado una orden de ensamble en el día, sino también se generaba un alto work in process.

Actualmente, hay una línea de ensamble para cada familia de producto y cada una consta de alistamiento ensamble, ensamble partes y empaque. Pero se implementó una política en la que las piezas y componentes necesarios para ensamblar el pedido no pueden avanzar de alistamiento si no están completos los requerimientos, por lo que se generan tiempos muertos en las siguientes estaciones del proceso y un WIP entre los puestos que pueden ser mejorados, ya que estos síntomas del problema generan un incremento en los costos del producto.

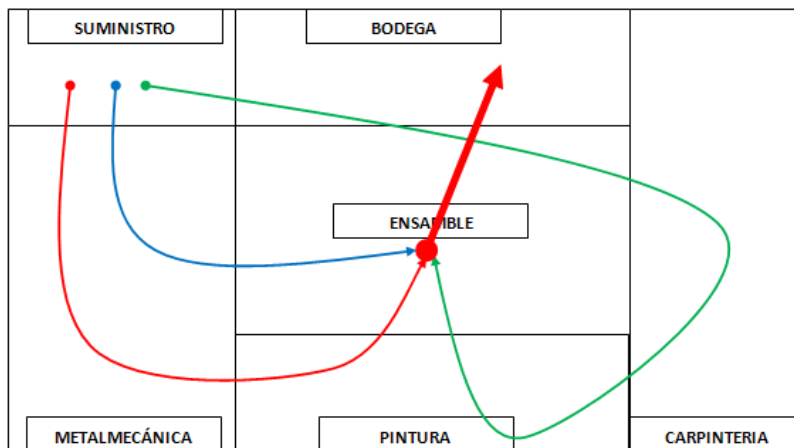
Además, no se conoce la situación actual de la empresa porque no se tiene un indicador cuantitativo que permitiría conocer la magnitud del problema y por ende hacer un diagnóstico del mismo. Con base en las entrevistas y las visitas realizadas a la empresa, se obtuvo una percepción visual en el área de ensamble donde se pudo observar que existen oportunidades de mejora.

1.2.2 Análisis del problema. Actualmente, las ordenes de producción y la planeación de los pedidos se realiza por medio de un software. Sin embargo dichas actividades no cumplen exactamente con la planeación, ya que siempre existen retrasos en el ensamble de los productos y algunas áreas todavía no han sido integradas al sistema. A pesar de esto, se logra cumplir con la fecha de entrega de los pedidos, aumentando el número de trabajadores si es necesario a último momento. Pero no se tiene una medición de los costos adicionales en los que se incurre con la falta de planeación.

Además, no existen indicadores que permitan conocer el estado actual de la celda de ensamblaje. Pero visualmente, se puede observar que existe un inventario en proceso, el cual, obstaculiza y crea un retraso en el flujo del proceso.

Por medio de la Figura 1, es posible observar el flujo de los procesos de la empresa. Donde la celda de ensamblaje es el punto de convergencia de los procesos.

Figura 1. Diagrama de Procesos de ABC



Fuente: Autores

En la Figura 2 se puede evidenciar el alto work in process que se acumula en la estación de ensamblaje.

Figura 2. Producto en proceso en la celda de ensamble



Fuente: Autores

Como se puede observar en la Figura 3, en la celda de ensamble se genera un cuello de botella, lo cual crea tiempos muertos en la estación de empaque, ya que este es un proceso precedente al de ensamble.

Figura 3. Cuello de botella celda de ensamble



Fuente: Autores

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El proyecto está enmarcado en un ciclo de mejoramiento continuo que va encaminado a mejorar el alto work in process y largos tiempos de esperas para completar las piezas en el área de alistamiento en ensamble, buscando eliminar los tiempos muertos, que incrementan los costos de producción. Para ello es necesario definir los indicadores y así medir la magnitud de la sincronización, lo que facilita el estudio de algunas variables que influyen en el proceso de ensamble, para diagnosticar las posibles causas del retraso de las piezas y con ello la empresa ABC pueda posteriormente realizar el plan de mejora.

Para la empresa es importante desarrollar este tipo de proyectos de diagnóstico debido a que sólo desde el año 2011 incursionaron en la fabricación de muebles bajo pedido y desean mejorar sus indicadores de eficiencia y productividad de los procesos intermitentes.

1.4 DELIMITACIÓN Y ALCANCE

El análisis de sincronización del proceso se realizó teniendo en cuenta desde que se emite el pedido, hasta que se obtiene el producto final en dos familias de producto ya que se observó que en general los procesos son los mismos, aunque las especificaciones varíen.

Para ello, se realizaron visitas semanales con el fin de comprender el funcionamiento de la empresa y el desarrollo de todos los procesos para recopilar la información necesaria y verificar la aplicación de los avances.

Para la realización de este proyecto con la empresa ABC se contó con los siguientes recursos que aportaron su conocimiento y ayuda en la realización de dicho proyecto: dos estudiantes de ingeniería industrial, dos tutores temáticos, una cotutora de simulación, un tutor metodológico y un líder del proyecto.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Contribuir al mejoramiento de los procesos intermitentes.

2.2 OBJETIVO DEL PROYECTO

Hacer un diagnóstico de sincronización de ensamble de la empresa ABC con el fin de conocer la situación actual e identificar oportunidades de mejora.

2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Documentar los procesos de ensamble a través del mapa de la cadena de valor para las familias seleccionadas y del estudio de tiempos y movimientos para cada estación de la celda de ensamble.
- Hacer un diagnóstico de la sincronización en la celda de ensamble, incluyendo indicadores que permitan a la empresa hacer posteriormente un seguimiento de los mismos.
- Hacer una propuesta de sincronización, teniendo en cuenta el funcionamiento de los indicadores a través de la simulación de escenarios y observaciones realizadas durante el estudio.

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1 ANTECEDENTES

La empresa ABC ha fabricado durante 47 años muebles para oficinas corporativas y de hogar pero ha visto la oportunidad de incrementar su competitividad a partir de una serie de cambios en su sistema productivo, pasando de un sistema *push* a un sistema *pull*, lo que les ha permitido ofrecer un valor diferencial a sus clientes y obtener una ventaja competitiva frente a otras empresas, que no ofrecen diseños personalizados en el volumen requerido.

El cambio de sistema productivo ha implicado para la empresa la incorporación de nuevas tecnologías que les permita ser más eficientes y el desarrollo de nuevos proyectos como el Proyecto Productividad que les ha permitido incrementos entre un 15 y un 40% en las diversas estaciones. Sin embargo, en la estación de ensamble no se ha empezado a desarrollar un plan de mejora, cuyo interés radica en disminuir el WIP de dicha estación, encontrando como un posible enfoque el método de sincronización.

En la actualidad se encuentra gran variedad de estudios y proyectos que buscan mejorar celdas de ensamble en sistemas de producción a gran escala, pero no es común encontrarlos en sistemas bajo pedido. Donde se habla de las políticas de control que se deben tener en un sistema pull, para que funcione de forma eficiente, las cuales son: Base Stock, Kanban y CONWIP, sin dejar a un lado la filosofía JIT (Just In Time). Donde se propone seleccionar unos parámetros de control utilizando un algoritmo genético con remuestreo, técnica que se utiliza en la optimización de funciones objetivo estocástico. Finalmente, con los resultados numéricos encontrados hicieron la simulación a dos sistemas de ensamble, pero no se llevaron a una aplicación real.

Uno de los documentos más recientes encontrados. Es un paper donde se presenta un método de sincronización en el que se limita el número de veces que se incurre en esperas y se controla la longitud de los periodos de tiempo de entre llegadas de las piezas. La idea es utilizar modelos simples de sistemas de fabricación en el cual las tolerancias permisibles sean pequeñas y se puedan validar mediante simulación sin requerir modelamiento matemáticos muy intensos. Pero es válido en procesos de ensamble hasta de ocho estaciones en las que se tiene en cuenta la complejidad y la flexibilidad que deben caracterizar los sistemas de producción en procesos intermitentes, pero que gracias a que las tolerancias

son tan pequeñas, se debe tener un control en el proceso que garantice su buen funcionamiento.¹

3.2 MARCO TEÓRICO

Durante el desarrollo del proyecto se consideró importante tener claridad sobre los conceptos que se presentan a continuación debido a que los primeros tres pueden generar una interpretación inadecuada y el último se hace con el fin de recordar la utilidad del instrumento.

3.2.1 Producción intermitente. La producción intermitente es la fabricación de productos bajo pedido, donde el cliente es quien define el diseño de su producto. No se sigue el patrón de continuidad sino que se crea una variedad de artículos de un mismo género.

Algunas de las características más importantes de la producción intermitente:

- Ofrecen gran variedad en los productos
- Se emite una orden por cada pedido.
- Presentan dificultad para pronosticar las demandas
- Ocurren faltas frecuentes de materias

La programación de la producción debe de ser muy flexible y se debe centrar en cumplir con exactitud (tiempo y especificaciones) los pedidos de los clientes, sin incurrir en horas extras.

3.2.2 Producción en flujo. La producción en flujo se deja guiar según el ritmo del cliente, haciéndose de forma continua, eliminando stocks intermedios y aprovechando al máximo los recursos. Es decir producir todo lo que los clientes requieran y cuando lo requieren. Para este tipo de producción se requiere que haya un flujo tirado y reducir el nivel de stock en curso.

¹ ELMARAGHY H.A., MANNS M.. International Journal of Production Research. Synchronisation of inter-arrival times in manufacturing systems with main and side loops. Vol. 47, No. 7. Canada, Taylor & Francis Group, 2009.

Posibles causas de tener un “stock en curso”²:

- Tecnología
- Diferencia de capacidades
- Sincronización entre procesos de naturaleza distinta
- Tiempos de preparación elevados
- Diseño del proceso

3.2.3 Manufactura Sincrónica. “Es un concepto administrativo de gran alcance y se desarrolla con base a un grupo de principios, procedimientos y técnicas congruentes, con los cuales se evalúa cada acción en términos de la meta general de la empresa”³

El objetivo de implementar este concepto es lograr una mejor interacción entre operarios, máquinas y materiales de tal manera que se cumpla con la entrega de los pedidos de los clientes, con los mínimos costos totales del sistema productivo. Bajo este concepto, se busca un flujo de material más rápido y continuo y se utilizan procedimientos de evaluación de procesos diferentes a los convencionales que trabajan bajo el supuesto de que la reducción del costo del producto reduce los costos totales, pues se considera que ello no es cierto debido a las complejas interacciones que ocurren en las diversas estaciones de trabajo. Por ende, utilizan mediciones con respecto a rendimientos específicos y gastos de operación.

Para lograr una manufactura sincrónica se requiere:

- Definir una meta común comprensible y significativa para todos los trabajadores de la empresa.
- Establecer la relación causal entre las acciones individuales y la meta general.
- Manejar y dirigir las actividades con el fin de establecer un programa centrado en establecer un programa de mejoramiento continuo.

² SUÑÉ TORRENTS Albert, GIL VIDAL Francisco, ARCUSA POSTILS, Ignasi. Manual práctico de diseño de sistemas productivos. Madrid; Dáz de Santos, S.A., 2004. ISBN 8479786426. p. 129.

³ UMBLE M. Michael y SRIKANTH Mokshagundam L.. Manufactura Sincrónica. . México : Continental, S.A. de C.v., 1995. ISBN 9682612624. p. 121.

3.2.4 Indicadores. Los indicadores sirven para medir y comparar variables ya sean cuantitativas o cualitativas, para definir distintos tipos de comportamientos. Esta herramienta también es de gran utilidad para definir si se están cumpliendo o no con las metas en lo que se desea hacer.

Algunos objetivos que deben tener los indicadores son:⁴

- Generar información útil para mejorar el proceso de toma de decisiones.
- Monitorear el cumplimiento de acuerdos y compromisos.
- Cuantificar los cambios en una situación que se considera problemática.
- Efectuar seguimiento a los diferentes planes, cronogramas y proyectos que permita tomar los correctivos oportunos y mejorar la eficiencia y eficacia del proceso en general.

3.4 APORTE CRÍTICO

Es muy importante considerar que actualmente algunas empresas han implementado procesos intermitentes, con el fin de complacer a los clientes con productos del mismo género, pero con la posibilidad de obtener una gran variedad. Lo que genera que estos procesos se conviertan en obstáculos para las grandes empresas ya que, en los procesos finales se van creando cuellos de botella, que pueden generar altos incrementos en los costos de los productos. Es por esto, que para estos procesos es de gran importancia hacer una buena programación flexible de la producción con la que se alcance buena sincronización entre las diferentes celdas y la celda de convergencia de todos los procesos.

La información recopilada permitió que se obtuviera la claridad necesaria para identificar y medir aspectos claves de este tipo de proceso.

⁴ DANE. Guía para Diseño, Construcción e Interpretación de Indicadores. Estrategia para el Fortalecimiento Estadístico Territorial. p. 14

4. METODOLOGÍA

4.1 MATRIZ DE MARCO LÓGICO

Tabla 1. Matriz de marco lógico

Objetivo	Enunciado	Indicadores	Método de verificación	Supuestos
Objetivo General	Contribuir al mejoramiento de los procesos intermitentes.	Cumplimiento del proyecto	Aprobación del proyecto	n/a
Objetivo del Proyecto	Hacer un diagnóstico de sincronización de ensamble de ABC.	Porcentaje de cumplimiento del proyecto	Causas identificadas del problema y magnitud del mismo.	n/a
Objetivo Específico 1	Documentar los procesos de ensamble a través de cadenas de valor para las familias seleccionadas y estudio de tiempos y movimientos para cada estación de la celda de ensamble.	Cumplimiento con las actividades planteadas	Diagramas de los procesos de las dos familias escogidas	n/a
Actividad 1	Realizar una visita a la empresa	Cumplimiento de la actividad	Informe de la visita	Asesoría por parte de la empresa
Actividad 2	Recolectar videos y datos sobre las familias de los productos seleccionados	Porcentaje de información necesaria recolectada	Videos y fotos de los procesos	Disponibilidad de la información
Actividad 3	Realización de los mapas de cadena de valor	Cumplimiento de la actividad	Mapa de cadena de valor para las dos familias seleccionadas.	n/a
Actividad 4	Visita a la empresa	Porcentaje de información necesaria recolectada	Estudios de tiempos	Apoyo por parte de la empresa
Objetivo Específico 2	Hacer un diagnóstico de sincronización en la celda de ensamble, incluyendo indicadores que permitan a la empresa hacer un seguimiento posterior de los mismos.	Indicadores de esperas y en producto en proceso	Observaciones y resultados de los indicadores.	Información factible

Actividad 1	Visita a la empresa	Información necesaria recolectada	Distancias entre las estaciones de trabajo y observaciones del área.	n/a
Actividad 2	Hacer un modelo de simulación en pro-model.	Resultados de la simulación	Simulación.	Inconvenientes con la programación.
Actividad 3	Simular 3 escenarios propuestos	Resultados porcentajes de sincronización	Simulación	n/a
Objetivo Específico 3	Hacer una propuesta de sincronización, teniendo en cuenta el funcionamiento de los indicadores a través de la simulación de escenarios y observaciones realizadas durante el estudio.	Porcentaje promedio de esperas por tornillería y madera.	Simulación	Información factible
Actividad 1	Establecer un indicador para los tiempos totales de espera en alistamiento.	Porcentaje de participación	Simulación	Resultados factible
Actividad 2	Simular los tiempos de espera a causa por llegadas de tornillos al alistamiento	Indicador de tiempo promedio de espera por tornillería.	Simulación	Asesoría del cotutor
Actividad 3	Simular los tiempos de espera a causa de las llegadas de madera al alistamiento.	Indicador de tiempo promedio de espera por madera	Simulación	Información factible
Actividad 4	Realizar recomendaciones y conclusiones del proyecto	n/a	n/a	n/a

Fuente: Autores

4.2 ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO

4.2.1 Recursos disponibles. Para el proyecto “Diagnóstico de la sincronización en la celda de ensamble de la empresa ABC” se contó con los siguientes recursos.

4.2.2.1 Equipos.

- Computadores: se necesitaron dos computadores con acceso a internet, para la consolidación de datos y la búsqueda de información. También con las diferentes herramientas útiles para realizar los diferentes diagramas necesarios.
- Cronometro: se utilizó en la toma de tiempos que fueron necesarios en el desarrollo del proyecto.
- Filmadora y cámara fotográfica: se utilizaron para el registro de información y en algunos casos como evidencia de las observaciones.

4.2.2.2 Recursos humanos. Para la realización de este proyecto con la empresa ABC se contó con los siguientes recursos que aportaron su conocimiento y ayuda en la realización de dicho proyecto. Por lo tanto, se contó con dos estudiantes de ingeniería industrial, dos tutores temáticos, un tutor metodológico, un co-tutor de simulación y un líder del proyecto.

4.3 CRONOGRAMA

Ver Anexo A.

5. DOCUMENTACIÓN DEL PROCESO

Para la elección de los productos con los cuales se realizó el desarrollo del proyecto, se utilizó la clasificación ABC, por medio de la cual se pudieron definir estos productos.

Los diagramas de flujo de proceso permiten conocer las diferentes actividades que intervienen en la celda de ensamble para los dos tipos de productos elegidos. Por medio de este se puede analizar de una manera global, los tiempos y tipos de actividades que se están desarrollando dentro de la celda. Por otro lado el gráfico de ruta de estos productos ayuda a realizar una evaluación macro de las distintas actividades que se generan en toda la ruta de fabricación de los productos.

Por otro lado, la lista de materiales permite identificar las materias primas, componentes, partes y cantidades para fabricar cada uno de los productos. Después de conocer los diferentes componentes, se puede pasar a la elaboración de los diagrama de ensamble y operaciones, lo cual permite tener una visión macro de los procesos, donde se puede observar cómo se ensamblan, sub ensamblan e inspeccionan los materiales. Además el diagrama de operaciones ofrece un mayor detalle de los procesos que se desean planear.

Otra herramienta importante para la documentación del proceso de los costados y pedestales son los mapas de la cadena de valor, con estos lo que se pretende es mostrar todas las aéreas y acciones que componen el proceso, identificando cuales de estas agregan o no valor, mostrando los flujos de información y de los materiales necesarios para la transformación de la materia prima en un producto.

También se analizaron los resultados del estudio de tiempos de los dos productos para cada una de sus actividades, con el fin conocer la realidad de los sistemas productivos que fueron evaluados. Donde se busca registrar los tiempos y movimientos de una tarea, para analizar estos datos y establecer el tiempo requerido para dicha actividad.

5.1 SELECCIÓN DE LA FAMILIA DE PRODUCTOS

Con la información suministrada correspondiente a las demandas del mes de noviembre del 2012 y las observaciones de los procesos de fabricación, se realizó la clasificación de los productos en familias de acuerdo al tipo de producto y a las actividades en común de la fabricación de estos, teniendo en cuenta el número de unidades demandadas del mes. El resumen de esta información se puede observar en la tabla 2.

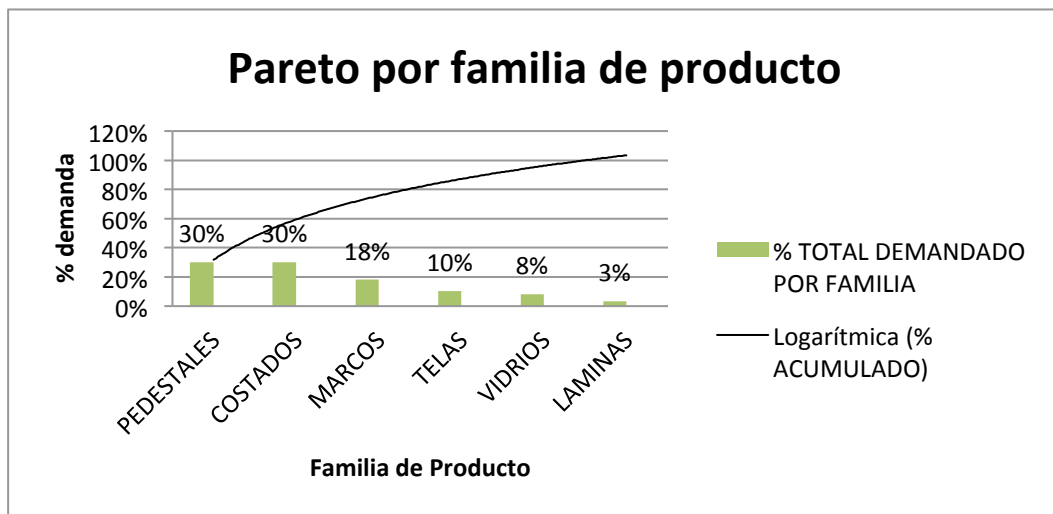
Tabla 2. Clasificación de productos en familias

PRODUCTO	CANTIDAD DEMANDADA (MES)	% DEL TOTAL	FAMILIA DE PRODUCTO	CANTIDAD DEMANDADA POR FAMILIA (MES)	% TOTAL DEMANDADO POR FAMILIA
Pedestal 2gavetas +archivo + manija zen riel	2312	12%	PEDESTALES	5800	30%
Pedestal fijo + riel sencillo zen	1240	6%			
Mini pedestal mod. Viejo con manija	884	5%			
Pedestal pymes mod. Viejo + manija sencilla	752	4%			
pedestal curvo + gavetas NAO	612	3%			
costado link sencillo terminal	2375	12%	COSTADOS	5800	30%
Costado Alfa sencillo unitario nao	2326	12%			
Costado link doble terminal	1099	6%			
Marco Sencillo pymes mod. viejo	3525	18%	MARCOS	3525	18%
Baldosas división oficina en tela	2004	10%	TELAS	2004	10%
Baldosas división oficina en vidrio	1587	8%	VIDRIOS	1587	8%
Baldosas división oficina en lámina	617	3%	LAMINAS	617	3%
				19333	100%

Fuente: Autores

Posteriormente, se realizó el gráfico de Pareto (ver Figura 4), para seleccionar las dos familias principales, con las se debe desarrollar el diagnóstico. De acuerdo a los resultados obtenidos en éste grafico se eligió la familia de costados y pedestales, ya que representan el 60% de las unidades producidas en la empresa, por razones de la delimitación y alcance del proyecto, se escogieron las dos familias más representativas dentro de la empresa.

Figura 4. Pareto por familia de productos



Fuente: Autores

5.2 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO Y GRÁFICO DE RUTA

Con el diagrama de flujo de proceso se pueden observar las actividades de los diferentes procesos de las dos familias seleccionadas, costados y pedestales. Identificando las actividades críticas durante el proceso de ensamble.

Como se puede notar en la Tabla 3 para el costado se encuentran 12 actividades, de las cuales el 44,5% pertenecen a los transportes correspondientes a trasladar los materiales y componentes de un lugar a otro. Sin embargo se obtuvo que la actividad que ocupa el mayor tiempo con 2,97 minutos, es la de instalar soporte nivelador, ya que esta actividad requiere que el operario tenga gran habilidad y precisión a la hora de instalar el soporte, puesto que de esto depende la estabilidad del costado. Por otro lado la segunda actividad con mayor tiempo es la de alistar material con 2 minutos debido a que esta es la encargada de agrupar los diferentes componentes y materia prima necesarios para el ensamble de los costados.

Tabla 3. Diagrama de flujo de proceso costado

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO									
Objeto del Diagrama: ENSAMBLE			No. De diagrama: 1						
Parte: COSTADOS									
El diagrama inicio en: Alistar el material									
El diagrama termina en: Almacenar costados									
Elaborado por:		Claudia Calero	Fecha:		Enero 12 de 2013				
		Karol Lina Pérez							
No	Descripción	Actividad					T (min)	Distancia (m)	Observaciones
		●	➔	◐	■	▼			
1	Alistar el material	x					2,00	0	
2	Llevar material a ensamble almacenamiento temporal		x				0,18	2	
3	Tapa decorativa	x					1,83	0	
4	Llevar a soporte nivelador almacenamiento temporal		x				0,16	0,3	
5	Instalar Soporte nivelador	x					2,97	0	
6	Llevar a niveladores almacenamiento temporal		x				0,15	0,3	
7	Instalar Niveladores	x					0,79	0	
8	Inspección				x		0,28	0	
9	Llevar a empaque almacenamiento temporal		x				0,16	0,3	
10	Empacar	x					1,72	0	
11	Llevar a almacenamiento temporal		x				0,22	0,5	
12	Almacenar					x	0,20	0	
TIEMPO TOTAL							10,66	3,4	

Fuente: Autores

Por otro lado, para el producto pedestal, según la Tabla 4 se obtuvo un total de 14 actividades, así mismo como los costados los transportes representan una parte importante del ensamble de los pedestales, equivalente a un 53,1% los cuales son utilizados para traer las piezas necesarias. Y la actividad con mayor duración es la de ensamble general con 4,02 minutos, ya que los pedestales están compuestos por muchas piezas lo cual dificulta el ensamble de este. También existe otra actividad con un tiempo de procesamiento casi similar al de ensamble general, esta es la de alistar material, pues para este producto también es la encargada de que todos los componentes se encuentren disponibles al momento de ensamblar un pedestal.

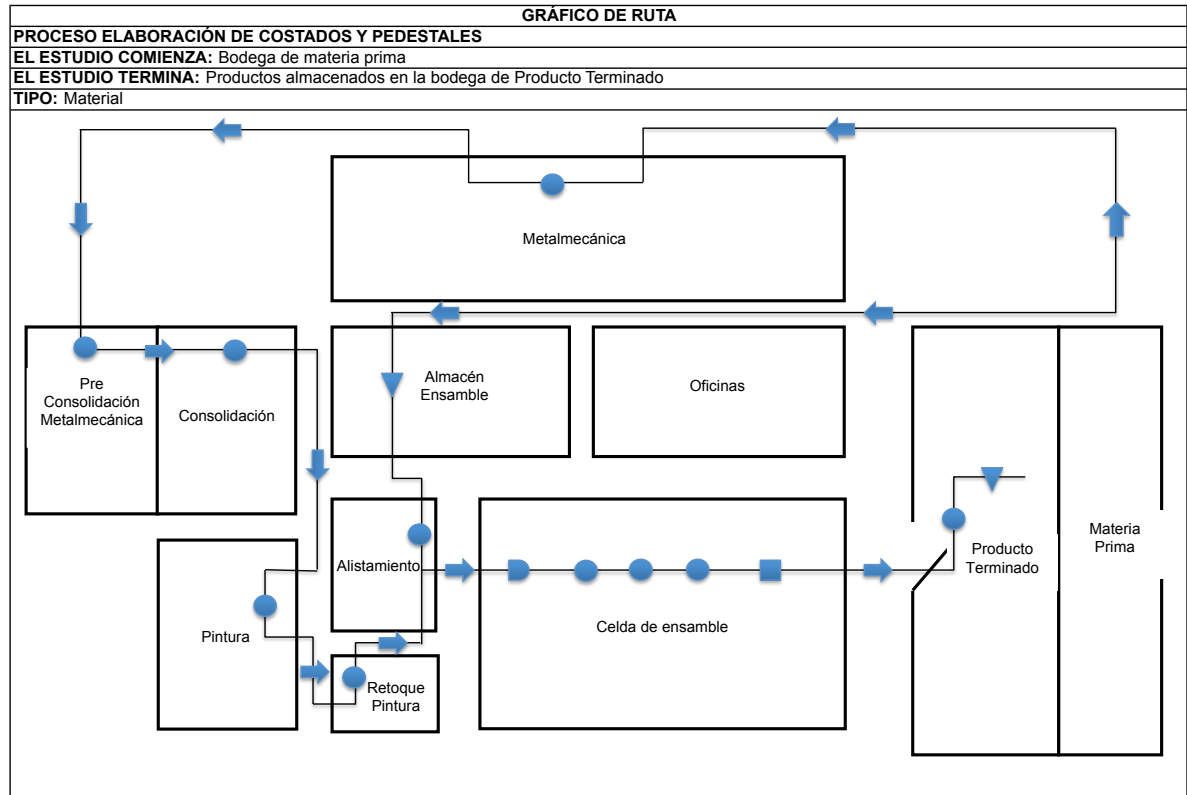
Tabla 4. Diagrama de flujo de proceso pedestal

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO									
Objeto del Diagrama: ENSAMBLE					No. De diagrama: 2				
Parte: PEDESTALES									
El diagrama inicio en: Alistar el material									
El diagrama termina en: Almacenar Pedestales									
Elaborado por: Claudia Calero		Fecha:		Enero 14 de 2013					
Karol Lina Pérez									
No	Descripción	Actividad					T (min)	Distancia (m)	Observaciones
		●	→	◐	■	▼			
1	Alistar el material	x					4,00	0	
2	Llevar material a ensamble almacenamiento temporal		x				0,22	2	
3	Armar gavetas	x					3,27	0	
4	Llevar a instalar frentes almacenamiento temporal		x				0,2	0,25	
5	Instalar frentes a gavetas	x					3,37	0	
6	Llevar a acondicionar coraza almacenamiento temporal		x				0,18	0,25	
7	Acondicionar coraza	x					2,36	0	
8	Llevar a ensamble general almacenamiento temporal		x				0,2	0,25	
9	Ensamble general	x					4,02	0	
10	Inspección			x			0,52	0	
11	Llevar a empaque almacenamiento temporal		x				0,2	0,25	
12	Empaque	x					2,14	0	
13	Llevar a almacenamiento temporal		x				0,2	0,5	
14	Almacenar					x	0,16	0	
TIEMPO TOTAL							21,04	3,5	

Fuente: Autores

Por medio de la Figura 5, se puede identificar como intervienen los transportes, operaciones, esperas y almacenamiento dentro del proceso de fabricación de pedestales y costados. Identificando así, las distintas actividades para cada área del proceso.

Figura 5. Gráfico de ruta del proceso



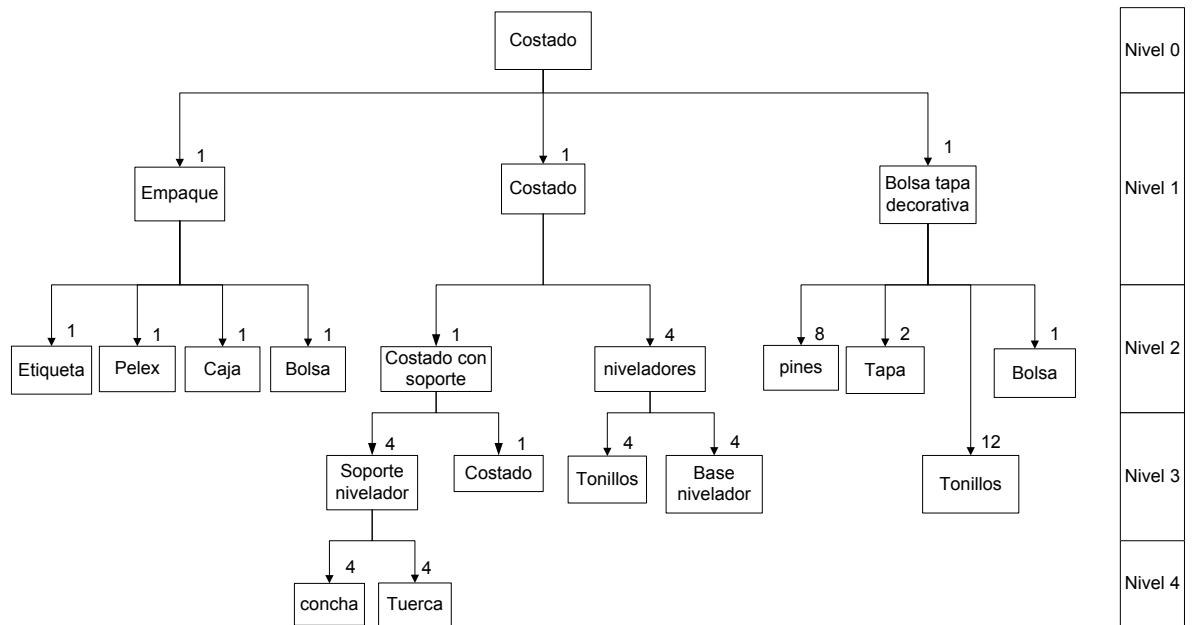
Fuente: Autores

5.3 LISTA DE MATERIALES, DIAGRAMA DE ENSAMBLE Y OPERACIONES

Con los siguientes diagramas se buscaba entender mejor el proceso de cada uno de los productos, desde sus diferentes partes y componentes hasta la producción de los mismos.

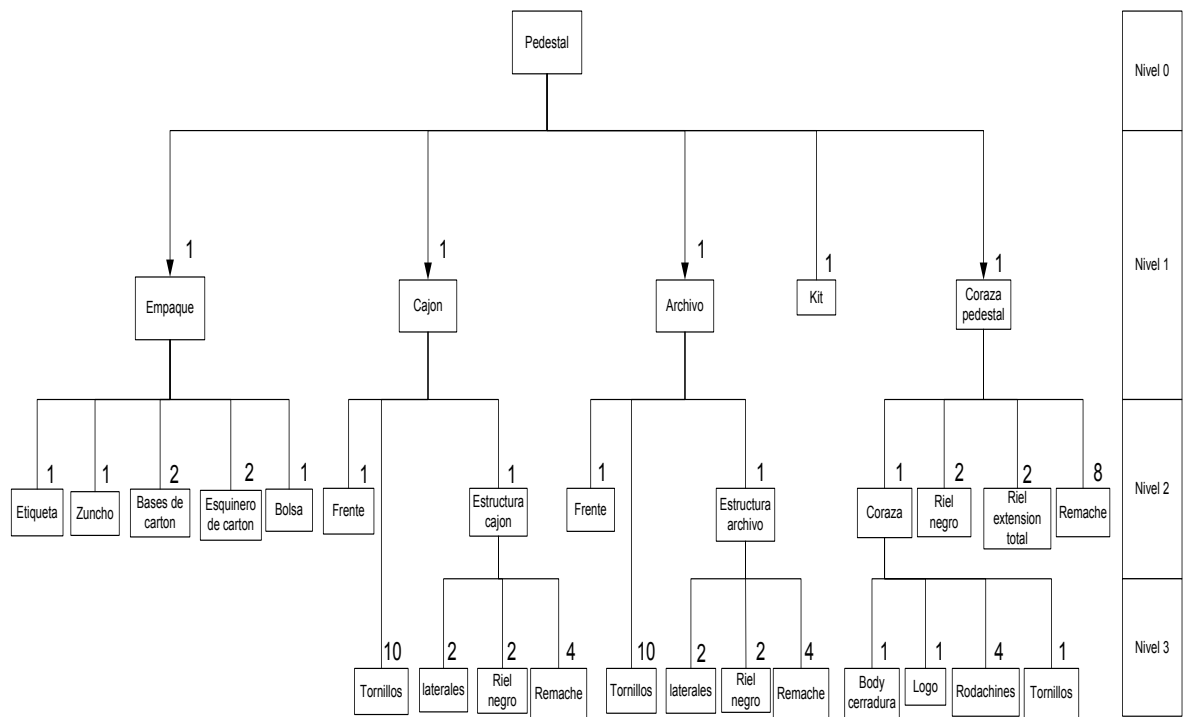
La lista de materiales, arroja la cantidad y los componentes que lleva el producto tanto de costado como de pedestal. Por esta razón se realizaron las siguientes listas de materiales. Ver Figura 6 y Figura 7 respectivamente.

Figura 6. Lista de materiales costado



Fuente: Autores

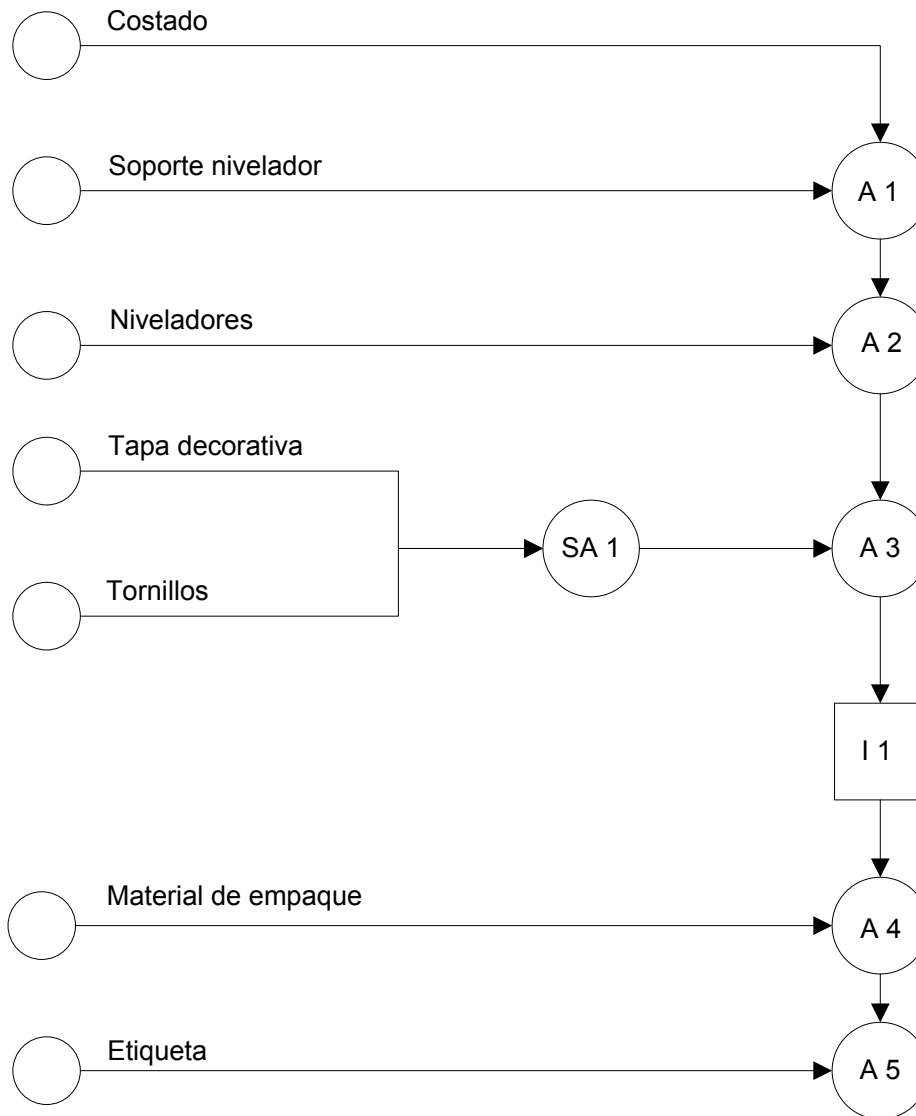
Figura 7. Lista de materiales pedestal



Fuente: Autores

Para la identificación y descripción del proceso, se realizó un diagrama de ensamble. En la Figura 8 se pueden ver los distintos ensambles y sub ensambles, que se deben tener en cuenta al momento de ensamblar un costado.

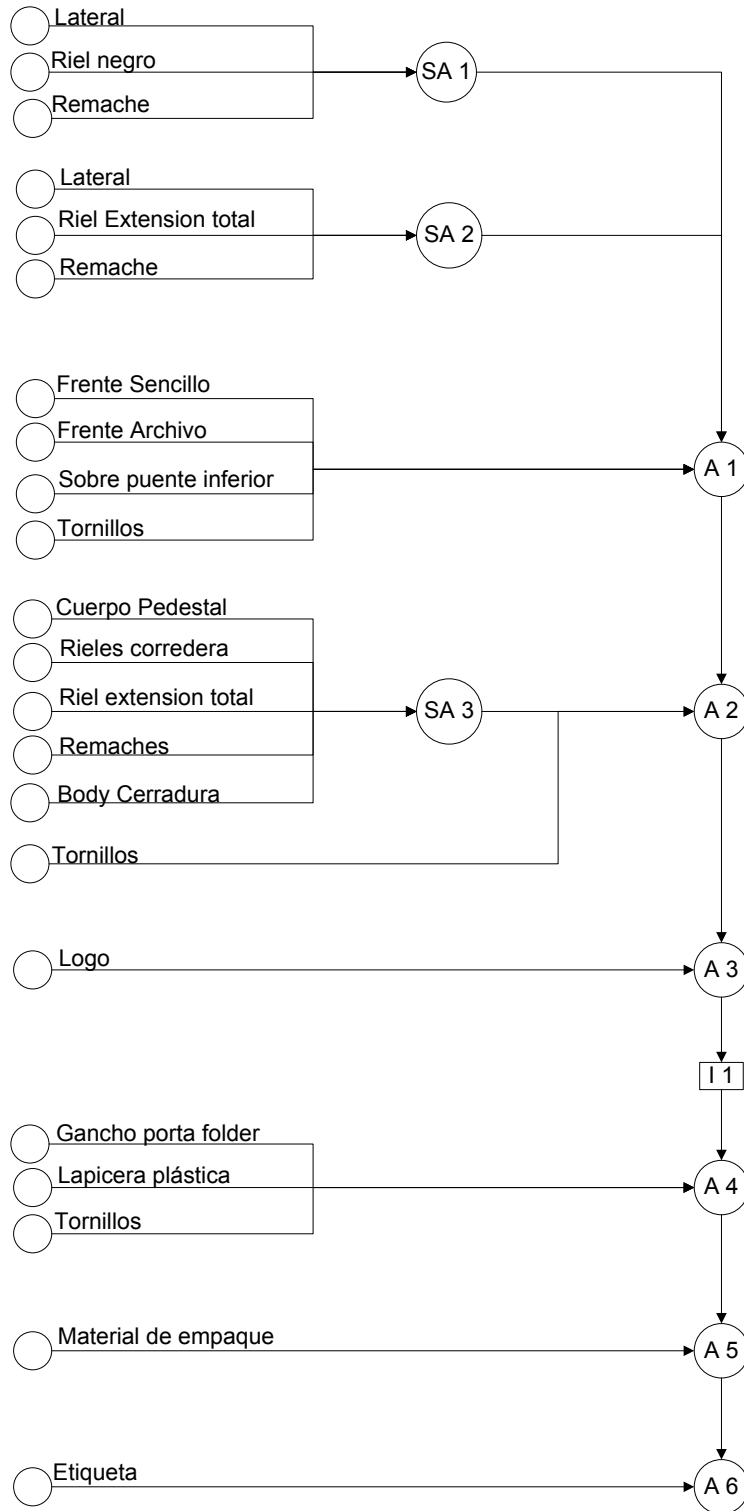
Figura 8. Diagrama de ensamble costado



Fuente: Autores

Con el diagrama de la Figura 9 se puede entender cómo se combinan los componentes del pedestal y definir de manera eficiente los diferentes ensambles y sub ensambles que componen al pedestal. Para facilitar su ensamble al momento de su fabricación.

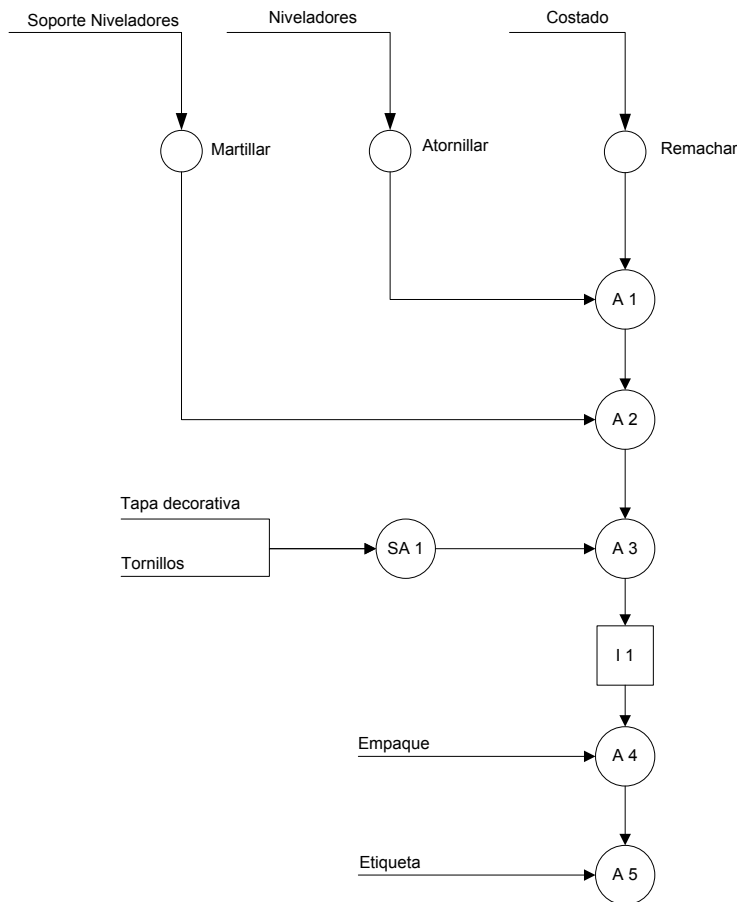
Figura 9. Diagrama de ensamble pedestal



Fuente: Autores

Por otro lado, con el diagrama de operaciones se analizaron las diferentes etapas de los componentes del producto. Se logró definir las diferentes operaciones y así mismo observar como ingresan los componentes que no requieren ningún proceso. En la Figura 10 se identificaron algunas operaciones que se le deben realizar a los componentes antes del momento de ensamble. Algunas de ella son, para el soporte de los niveladores se debe de martillar, los niveladores se deben atornillar y el costado se debe remachar. Mientras que el resto de componentes entran al ensamble sin ninguna operación.

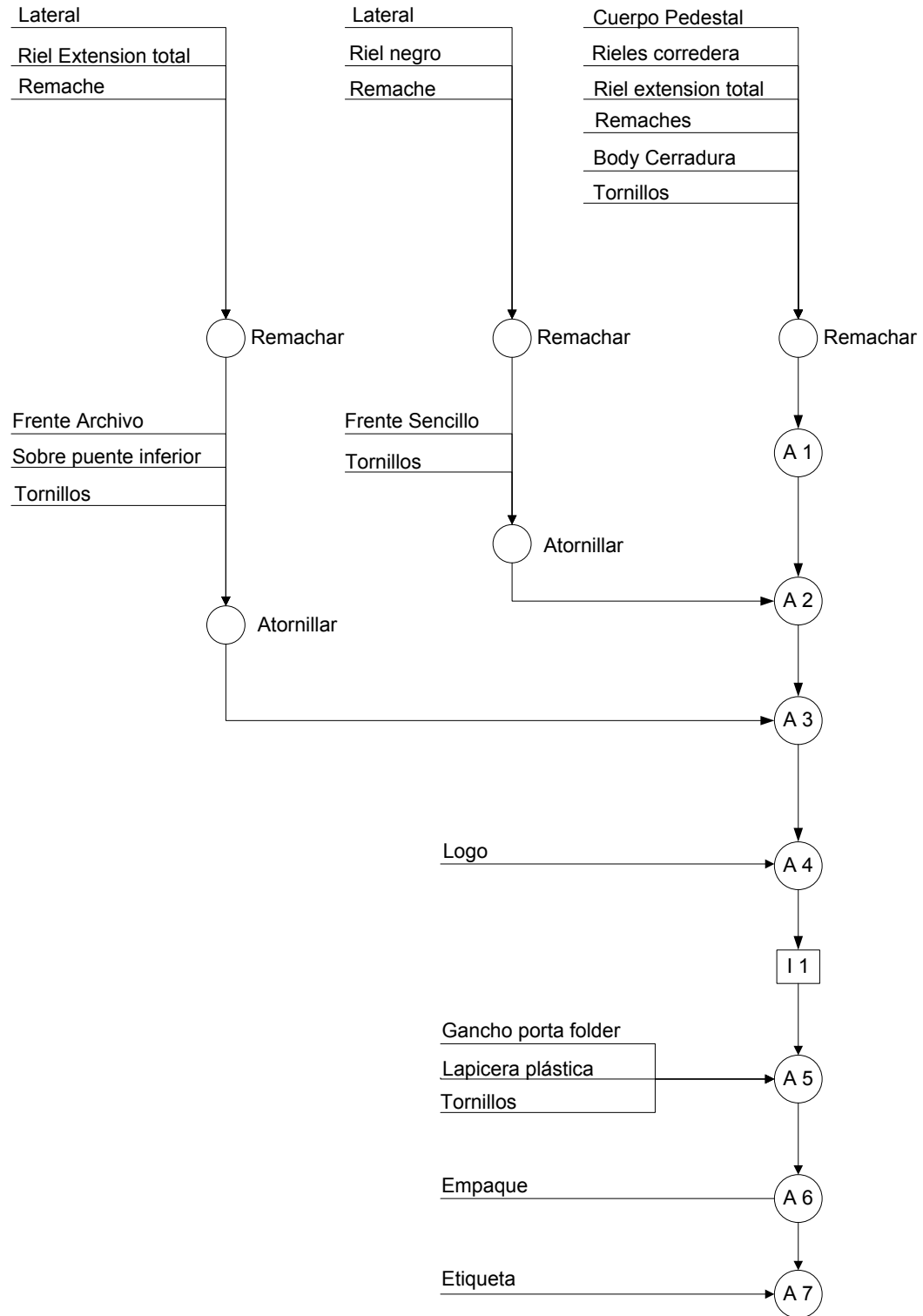
Figura 10. Diagrama de operaciones del costado



Fuente: Autores

En la figura 11, se puede observar el diagrama de operaciones del pedestal, en el cual se identificaron las diferentes operaciones que componen el ensamble de un pedestal. Se debe de tener en cuenta que el cajón del archivador, se debe remachar y luego atornillarle el frente. Este mismo proceso debe repetirse cuando se ensambla el cajón pequeño. A la coraza se le deben remachar los rieles. Finalmente, se realizan los ensambles correspondientes.

Figura 11. Diagrama de operaciones del pedestal

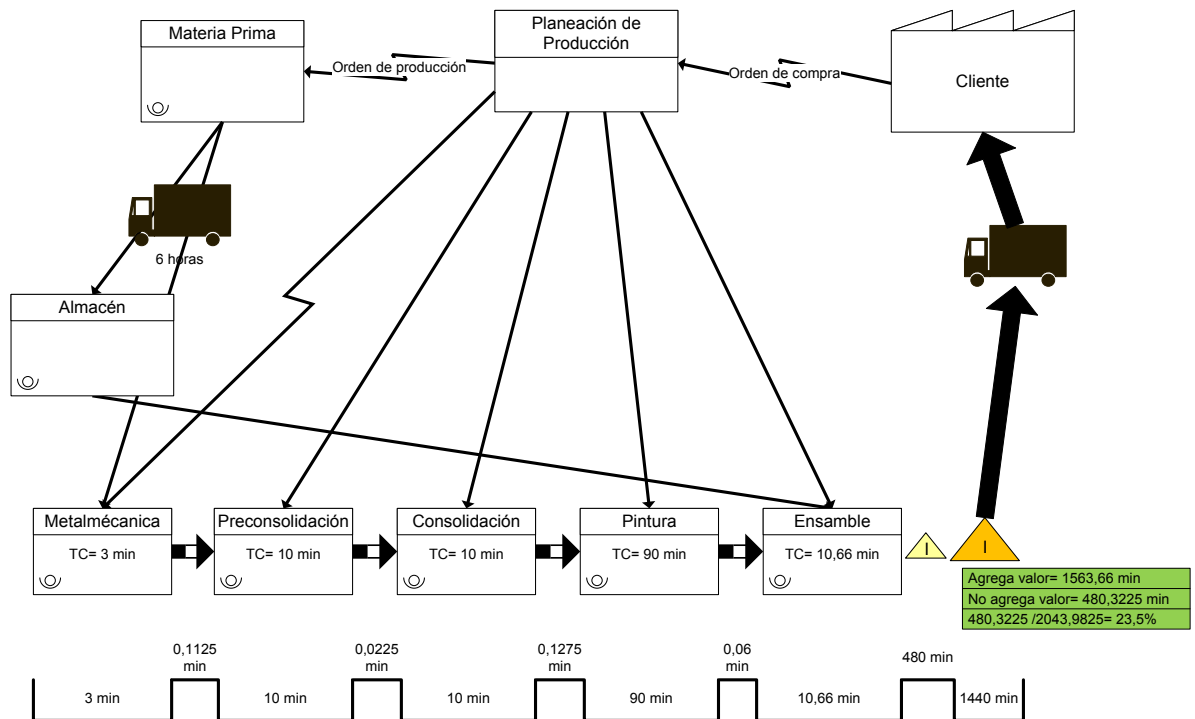


Fuente: Autores

5.4 MAPA DE LA CADENA DE VALOR

Utilizando estos mapas, se logró identificar en el producto costado que áreas dentro del proceso de fabricación agregan o no valor a la producción de estos. Al observar la Figura 12 se puede observar que las celdas son las que tienen un alto tiempo de ciclo y son estas las que le agregan valor al proceso. Por otro lado tenemos que dentro de las que no agregan valor existen un inventario en proceso después de la celda de ensamble. El cual es muy elevado en relación a los otros procesos que no agregan valor. Además podemos notar que dichas actividades que no agregan valor representan un 23,5% del tiempo total del proceso.

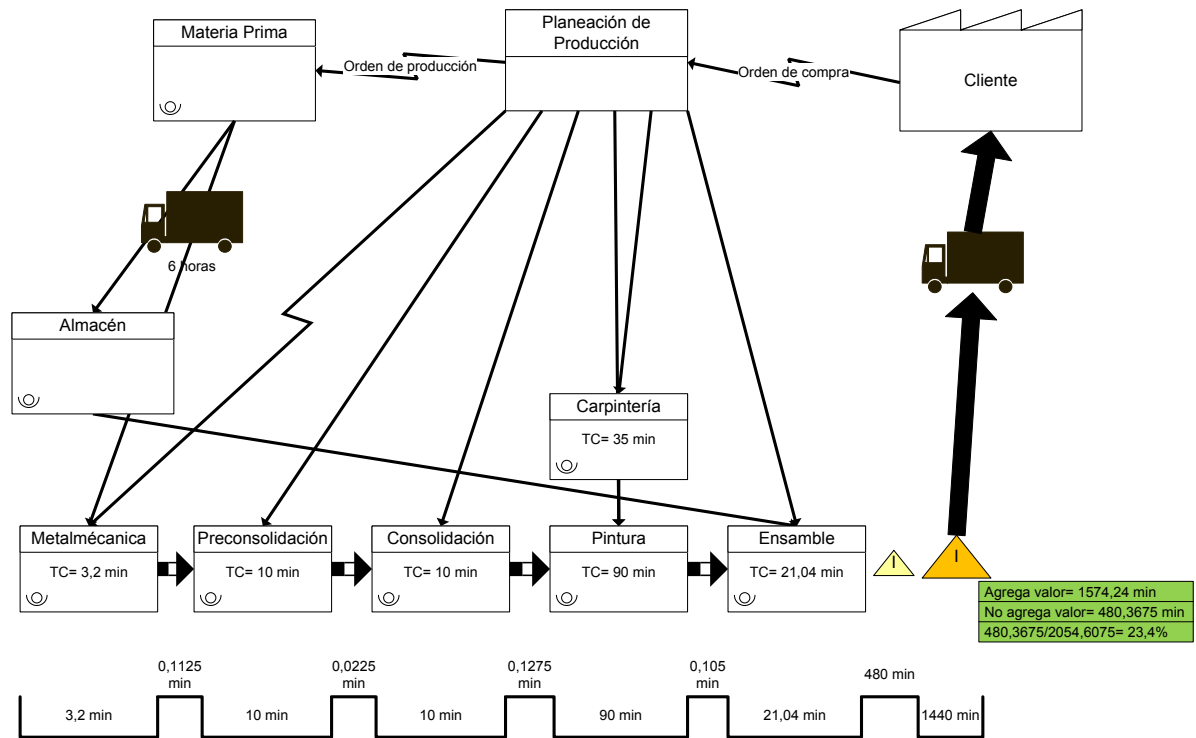
Figura 12. Mapa de la cadena de valor del costado



Fuente: Autores

Al realizar el mapa de cadena de valor para los pedestales, se identificaron las áreas que intervienen en el proceso, como la planeación de la producción, metalmecánica, pre consolidación, consolidación, pintura, carpintería y ensamble. De estas se puede destacar que al evaluar cuales agregaban valor o no al proceso, se obtuvo que el 23,4% de las actividades no agreguen valor. Además se observaron unos tiempos elevados dentro del proceso y un alto work in process. (Ver Figura 13).

Figura 13. Mapa de la cadena de valor del pedestal













Fuente: Autores

5.5 ESTUDIO DE TIEMPOS

Para el estudio de tiempos, se analizaron cada una de las actividades de cada familia por separado. Encontrando cuales son las actividades críticas dentro del proceso.

5.5.1 Estudio de tiempos costado. Al realizar el estudio de tiempos para la actividad alistar material para el producto costados, se encontró que toda la actividad corresponde al transporte de los materiales, como se puede ver en la Tabla 5, ya que las piezas son difíciles de transportar simultáneamente debido a la diferencia de tamaño entre ellas y la poca disponibilidad de herramientas que ayuden a realizar esta actividad de una manera eficiente.

Tabla 5. Estudio de tiempos alistar material para el costado














Crusograma analítico		Material							
Diagrama núm. 1	Hoja núm. 1 de 1	Resumen							
Objeto:		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
Costado		Operación 	0						
		Transporte 	4						
Actividad:	Alistar Material	Espera 	0						
		Inspección 	0						
Método:	Actual	Almacenamiento 	0						
Lugar:	Celda de Ensamble	Distancia (m)							
Operario(s): Véase columna de observaciones		Tiempo (horas- hombre)							
		Costo por cajón							
Fecha:	5 diciembre de 2012	Mano de obra							
Compuesto por:	Claudia Calero	Material							
	Karol Lina Pérez	Total	4						
Descripción	Can- tidad	Distan- cia (m)	T (min)	Símbolo				Observaciones	
									
Traer tornillos, tuercas y llave			0,6		x				
Traer el costado			0,45		x				
Traer las tapas decorativa			0,4		x				
Traer soporte de niveladores y niveladores			0,55		x				
Total		0	2	0	4	0	0	0	

Fuente: Autores

Al analizar la actividad de colocar tapa decorativa de la Tabla 6, se encontró que el tiempo más representativo es el de la espera, puesto que el paquete de la tapa decorativa se introduce al producto cuando este se termina de ensamblar. Ya que

es un producto muy delicado y protegido de cualquier imperfección, pues se trata de la marca y logo del producto.






Tabla 6. Estudio de tiempos colocar tapa para el costado

Crusograma analítico		Material							
Diagrama núm. 2	Hoja núm. 1 de 1	Resumen							
Objeto:		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
Costado		Operación 	2						
		Transporte 	1						
Actividad:	Tapa decorativa	Espera 	1						
		Inspección 	0						
Método:	Actual	Almacenamiento 	0						
Lugar:	Celda de Ensamble	Distancia (m)							
Operario(s): Véase columna de observaciones		Tiempo (horas- hombre)							
		Costo por cajón							
Fecha:	5 diciembre de 2012	Mano de obra							
Compuesto por:	Claudia Calero Karol Lina Pérez	Material							
		Total	4						
Descripción		Canti- dad	Distan- cia (m)	T (min)	Símbolo				Observaciones
									
Traer tornillos				0,43					
Empacar tornillos y llave				0,48					
Empacar tapa con accesorios				0,27					
Espera				0,65					Espera mientras se termina de armar las otras partes
Total			0	1,83	2	1	1	0	0

Fuente: Autores

En la actividad reflejada en la Tabla 7, cabe resaltar que esta es mucho más eficiente que las demás. Puesto que el operario encargado de esta actividad tiene la mayoría de las piezas en el puesto de trabajo por lo tanto este no debe desplazarse, si no solo para traer la pieza de la estación anterior.

Tabla 7. Estudio de tiempos instalar soporte para el costado










Crusograma analítico		Material							
Diagrama núm. 3	Hoja núm. 1 de 1	Resumen							
Objeto:		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
Costado		Operación	5						
		Transporte	1						
Actividad:	Instalar Soporte	Espera	0						
	Niveladores	Inspección	0						
Método:	Actual	Almacenamiento	0						
Lugar:	Celda de Ensamble	Distancia (m)							
Operario(s): Véase columna de observaciones		Tiempo (horas-hombre)							
		Costo por cajón							
Fecha:	5 diciembre de 2012	Mano de obra							
Compuesto por:	Claudia Calero Karol Lina Pérez	Material							
		Total	6						
Descripción	Can- tidad	Distanc- cia (m)	T (min)	Símbolo					Observaciones
									
Traer el costado			0,85		x				Mantener un inventario
Abrir el soporte			0,47	x					
Introducir la tuerca			0,6	x					
Cerrar el soporte			0,42	x					
Ubicar los soportes			0,35	x					
Martillar los soportes			0,28	x					
Total		0	2,97	5	1	0	0	0	

Fuente: Autores

Para la actividad evaluada en la Tabla 8 se puede observar que los tiempos de transporte representan un 56,9% del tiempo total de la actividad. Esto es posible mejorarlo desde el alistamiento, porque se puede instalar un pequeño inventario de niveladores. Para así evitar que el operario deba desplazarse. Ya que si estos desplazamientos se hicieran en la actividad anterior, esta actividad solo sería

representada por atornillar niveladores la cual tiene una duración 0,34 minutos. Pues el operario ya tendría el resto de los materiales.

Tabla 8. Estudio de tiempos instalar nivelador para el costado

Crusograma analítico		Material							
Diagrama núm. 4	Hoja núm. 1 de 1	Resumen							
Objeto: Costado		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
		Operación	1						
		Transporte	2						
Actividad:	Instalar Niveladores	Espera	0						
		Inspección	0						
Método:	Actual	Almacenamiento	0						
Lugar:	Celda de Ensamble	Distancia (m)							
Operario(s): Véase columna de observaciones		Tiempo (horas- hombre)							
		Costo por cajón							
Fecha:	8 diciembre de 2012	Mano de obra							
Compuesto por:	Claudia Calero	Material							
	Karol Lina Pérez	Total	3						
Descripción	Can- tidad	Distan- cia (m)	T (min)	Símbolo					Observaciones
									
Traer niveladores			0,25		x				
Traer costado			0,2		x				
Atornillar el nivelador			0,34		x				
Total		0	0,79	1	2	0	0	0	

Fuente: Autores

En la actividad de empaque representada por la Tabla 9 el operario realiza sus operaciones con gran habilidad. Sin embargo existen algunas que pueden desarrollarse mejor con un alistamiento previo. Pues generalmente se va acumulando WIP, es decir, producto en proceso, debido a la diferencia de tiempo respecto a las actividades predecesoras a empaque.

Tabla 9. Estudio de tiempos empacar para el costado

Crusograma analítico		Material							
Diagrama núm. 5	Hoja núm. 1 de 1	Resumen							
Objeto:		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
Costado		Operación	5						
		Transporte	1						
Actividad:	Empacar	Espera	0						
		Inspección	0						
Método:	Actual	Almacenamiento	0						
Lugar:	Celda de Ensamble	Distancia (m)							
Operario(s): Véase columna de observaciones		Tiempo (horas-hombre)							
		Costo por cajón							
Fecha:	8 diciembre de 2012	Mano de obra							
Compuesto por:	Claudia Calero Karol Lina Pérez	Material							
		Total	6						
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	T (min)	Símbolo					Observaciones
Traer el costado y tapa costado			0,14		x				
Medir la bolsa y cortarla			0,16	x					
Empacar en la bolsa			0,5	x					
Poner caja			0,37	x					
Envolver con pelex			0,43	x					
Pegar etiqueta			0,12	x					
Total		0	1,72	5	1	0	0	0	










Fuente: Autores

5.5.2 Estudio de tiempos pedestal. Se realizó el estudio de tiempos a las actividades de los pedestales, para poder identificar las actividades críticas o que generen demoras en el proceso.

La Tabla 10 muestra que el 85% de las tareas que se realizan son transportes, esto es muy importante para esta actividad, ya que las partes del pedestal se

encuentran ubicadas en distintos lugares. Y esta actividad se realiza con el fin de buscar todo lo necesario para empezar a ensamblar.











Tabla 10. Estudio de tiempos alistar material para el pedestal

Crusograma analítico		Material							
Diagrama núm. 6	Hoja núm. 1 de 1	Resumen							
Objeto:		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
Pedestal		Operación 	1						
		Transporte 	5						
Actividad:	Alistar Material	Espera 	0						
		Inspección 	0						
Método:	Actual	Almacenamiento 	0						
Lugar:	Celda de Ensamble	Distancia (m)							
Operario(s): Véase columna de observaciones		Tiempo (horas-hombre)							
		Costo por cajón							
Fecha:	8 diciembre de 2012	Mano de obra							
Compuesto por:	Claudia Calero Karol Lina Pérez	Material							
		Total	6						
Descripción		Cantidad	Distancia (m)	T (min)	Símbolo				Observaciones
									
Traer rieles				0,6	x				
Traer los frentes				0,52	x				
Traer la cerradura, logo, tornillos				1,35	x				
Traer laterales				0,5	x				
Traer sobrepunte				0,43	x				
Alistar kit de lapicera				0,6	x				
Total			0	4	1	5	0	0	0

Fuente: Autores

En esta tabla los tiempos de transporte son elevados, sin embargo se pueden tomar medidas con el fin de reducirlos, pues los rieles son fáciles de transportar, por lo tanto estos se podrían traer al sitio de trabajo en un solo transporte. O por el contrario se podrían eliminar creando un inventario de rieles en el puesto en el que se realiza esta actividad. (Ver Tabla 11).










Tabla 11. Estudio de tiempos armar gavetas para el pedestal

Crusograma analítico		Material							
Diagrama núm. 7	Hoja núm. 1 de 1	Resumen							
Objeto:		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
Pedestal		Operación 	2						
		Transporte 	2						
Actividad: Armar Gavetas		Espera 	0						
		Inspección 	0						
Método: Actual		Almacenamiento 	0						
Lugar: Celda de Ensamble		Distancia (m)							
Operario(s): Véase columna de observaciones		Tiempo (horas-hombre)							
		Costo por cajón							
Fecha: 11 diciembre de 2012		Mano de obra							
Compuesto por: Claudia Calero Karol Lina Pérez		Material							
		Total	4						
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	T (min)	Símbolo					Observaciones
									
Traer rieles negro y laterales			0,73		x				
Traer riel extensión total y laterales archivador			0,75		x				
Remachar Cajón			0,76	x					
Remachar archivador			1,03	x					
Total		0	3,27	2	2	0	0	0	

Fuente: Autores

Al revisar los resultados obtenidos en la Tabla 12, se puede decir que esta actividad se realiza de manera eficiente, puesto que el operario tiene un pequeño inventario de tornillos en su puesto de trabajo y a su vez las herramientas necesarias. Este operario el único desplazamiento que debe realizar, es el de recoger las gavetas, ya que estas fueron ensambladas en la actividad anterior.











Tabla 12. Estudio de tiempos instalar frente a gavetas para el pedestal

Crusograma analítico		Material							
Diagrama núm. 8	Hoja núm. 1 de 1	Resumen							
Objeto:		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
Pedestal		Operación 	4						
		Transporte 	2						
Actividad: Instalar Frentes a Gavetas		Espera 	0						
		Inspección 	0						
Método: Actual		Almacenamiento	0						
Lugar: Celda de Ensamble		Distancia (m)							
Operario(s): Véase columna de observaciones		Tiempo (horas-hombre)							
		Costo por cajón							
Fecha: 11 diciembre de 2012		Mano de obra							
Compuesto por: Claudia Calero Karol Lina Pérez		Material							
		Total	6						
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	T (min)	Símbolo					Observaciones
									
Traer y contar tornillos			0,54		x				Mantener un inventario
Traer gaveta y frentes			0,28		x				
instalar frente al cajón			0,8	x					
Atornillar frente al cajón			0,37	x					
Instalar frente al archivador			0,96	x					
Atornillar frente al archivador			0,42	x					
Total		0	3,37	4	2	0	0	0	

Fuente: Autores

En la siguiente actividad de acondicionar coraza, se observan algunos tiempos de transporte los cuales representan un 36% del tiempo total. El cual puede ser reducido por la actividad de alistamiento, ya que esta puede proveer de un pequeño inventario a esta estación. (Ver Tabla 13)











Tabla 13. Estudio de tiempos acondicionar coraza para el pedestal

Crusograma analítico		Material							
Diagrama núm. 9	Hoja núm. 1 de 1	Resumen							
Objeto:		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
Pedestal		Operación 	2						
		Transporte 	1						
Actividad:	Acondicionar Coraza	Espera 	0						
		Inspección 	1						
Método:	Actual	Almacenamiento 	0						
Lugar:	Celda de Ensamble	Distancia (m)							
Operario(s):	Véase columna de observaciones	Tiempo (horas-hombre)							
Fecha:	11 diciembre de 2012	Costo por cajón							
Compuesto por:	Claudia Calero Karol Lina Pérez	Mano de obra							
		Material							
		Total	4						
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	T (min)	Símbolo					Observaciones
									
Traer cerradura, rodachines y tornillos			0,85		x				
Instalar cerradura			0,77	x					
Atornillar rodachines			0,42	x					
Ajustar la coraza			0,32				x		
Total		0	2,36	2	1	0	1	0	

Fuente: Autores

En esta actividad de ensamble general, se puede destacar que los transportes representan la mitad de las tareas de esta actividad. Sin embargo aquí estos son necesarios, debido a la dificultad para traer simultáneamente las piezas requeridas. (Ver Tabla 14).











Tabla 14. Estudio de tiempos ensamble general para el pedestal

Crusograma analítico		Material							
Diagrama núm. 10	Hoja núm. 1 de 1	Resumen							
Objeto:		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
Pedestal		Operación 	3						
		Transporte 	3						
Actividad:	Ensamble General	Espera 	0						
		Inspección 	0						
Método:	Actual	Almacenamiento 	0						
Lugar:	Celda de Ensamble	Distancia (m)							
Operario(s):		Tiempo (horas-hombre)							
Véase columna de observaciones		Costo por cajón							
Fecha:	14 diciembre de 2012	Mano de obra							
Compuesto por:	Claudia Calero Karol Lina Pérez	Material							
		Total	6						
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	T (min)	Símbolo					Observaciones
									
Traer cajón			0,8		x				
Traer Archivador			1,2		x				
Traer kit			0,6		x				
Instalar cajón			0,47	x					
Instalar archivador			0,53	x					
Instalar kit			0,42	x					
Total		0	4,02	3	3	0	0	0	

Fuente: Autores

En la Tabla 15 podemos ver que la actividad de empaque requiere de muchas operaciones diferentes, sin embargo es realizada de una manera eficiente y en un tiempo menor en comparación con las operaciones predecesoras.

Tabla 15. Estudio de tiempos empaque para el pedestal

Crusograma analítico		Material							
Diagrama núm. 11	Hoja núm. 1 de 1	Resumen							
Objeto:		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
Pedestal		Operación 	8						
		Transporte 	2						
Actividad:	Empacar	Espera 	0						
		Inspección 	0						
Método:	Actual	Almacenamiento 	0						
Lugar:	Celda de Ensamble	Distancia (m)							
Operario(s): Véase columna de observaciones		Tiempo (horas-hombre)							
		Costo por cajón							
Fecha:	14 diciembre de 2012	Mano de obra							
Compuesto por:	Claudia Calero Karol Lina Pérez	Material							
		Total	10						
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	T (min)	Símbolo					Observaciones
									
Traer el pedestal			0,67		x				
Meter en la bolsa			0,32	x					
Sellar con cinta			0,2	x					
Poner esquineros de cartón			0,15	x					
Poner bases de cartón			0,1	x					
Traer zuncho			0,15		x				
Envolver con zuncho plástico			0,18	x					
Ajustar zuncho			0,12	x					
Cortar zuncho			0,1	x					
Pegar etiqueta			0,15	x					
Total		0	2,14	8	2	0	0	0	

Fuente: Autores

Con las herramientas utilizadas en esta sección, se pudo observar que los transportes representan en promedio un 35% del tiempo total de las actividades tanto en la cadena total como en el área de ensambles.

6. DIAGNÓSTICO DE LA SINCRONIZACIÓN EN LA CELDA DE ENSAMBLE

6.1 RECOLECCIÓN Y VALIDACIÓN DE LA INFORMACIÓN

6.1.1 Datos. La empresa produce bajo pedido y por ello no hay una producción fija que permitiera tomar los tiempos de todas las áreas requeridas para realizar el modelo de simulación en las visitas realizadas. Es por ello, que los tiempos de las áreas involucradas en el proceso excepto los tiempos de ensamble fueron proporcionados por la empresa.

Los datos fueron tomados a partir del mes de noviembre del 2012 y se toman para el modelo los cambios realizados hasta el mes de enero del 2013, ya que por limitantes de tiempo no fue posible tener en cuenta los cambios realizados en la empresa para la simulación a partir de dicho mes.

6.1.2 Recolección de los datos. Los tiempos proporcionados por la empresa para las áreas de metalmecánica, pre-alistamiento, alistamiento y retoque, se toman como determinísticos debido a que únicamente proporcionaron un dato de estas áreas.

Para los tiempos de la celda de ensamble se tomaron 20 datos de cada una de las actividades necesarias para realizar el ensamble de las dos familias seleccionadas: costados y pedestales. Inicialmente se hace la identificación de datos atípicos mediante diagramas de cajas y bigotes. Sin embargo, para el proyecto como es una muestra muy pequeña, se asumió normalidad para los datos se realizó la respectiva prueba mediante un programa llamado Minitab.

6.1.3 Análisis de los datos. A todos los datos tomados para cada una de las actividades se les hizo un gráfico de cajas y bigotes para encontrar datos atípicos y corregirlos. Posteriormente, se les hizo una prueba de normalidad tomando las siguientes hipótesis:

Ho: los datos presentan una distribución normal

Ha: Los datos no se distribuyen normalmente

Si alguno de los grupos de datos analizados aceptara la hipótesis alterna, se tendría que determinar la distribución a la que se ajustan dichos datos posiblemente con un paquete estadístico como Stat Fit, el cual permite ajustar los datos a una distribución de probabilidad si los datos son independientes.

6.1.3.1 Tiempos para pedestales.

- Actividad alistar material

Al realizar la prueba de normalidad, se encontró que los datos se ajustan a esta distribución con una media de 3,976 minutos y una desviación estándar 0,1134 de minutos. (Ver anexo B)

- Actividad armar gavetas

Al realizar la prueba de normalidad, se encontró que los datos se ajustan a esta distribución con una media de 3,235 minutos y una desviación estándar de 0,04583 minutos. (Ver anexo B)

- Actividad Instalar frentes a gavetas

Al realizar la prueba de normalidad, se encontró que los datos se ajustan a esta distribución con una media de 3,369 minutos y una desviación estándar de 0,1537 minutos. (Ver anexo B)

- Actividad Acondicionar coraza

Al realizar la prueba de normalidad, se encontró que los datos se ajustan a esta distribución con una media de 2,359 minutos y una desviación estándar de 0,2124 minutos. (Ver anexo B)

- Actividad Ensamble general

Al realizar la prueba de normalidad, se encontró que los datos se ajustan a esta distribución con una media de 4,015 minutos y una desviación estándar de 0,4821 minutos. (Ver anexo B)

- Actividad Empaque

Al realizar la prueba de normalidad, se encontró que los datos se ajustan a esta distribución con una media de 2,163 minutos y una desviación estándar de 0,1448 minutos. (Ver anexo B)

Tabla 16. Resumen prueba de normalidad Pedestales

Actividad	Prueba de normalidad	Media (min)	Desviación Estándar (min)
Alistar material	Si	3,976	0,1134
Armar gavetas	Si	3,235	0,04583
Instalar frentes a gavetas	Si	3,369	0,1537
Acondicionar coraza	Si	2,359	0,2124
Ensamble general	Si	4,015	0,4821
Empaque	Si	2,163	0,1448

Fuente: Autores

6.1.3.2 Tiempos para costados.

- Actividad Alistar material

Al realizar la prueba de normalidad, se encontró que los datos se ajustan a esta distribución con una media de 1,993 minutos y una desviación estándar de 0,2936 minutos. (Ver anexo C)

- Actividad Colocar tapa decorativa

Al realizar la prueba de normalidad, se encontró que los datos se ajustan a esta distribución con una media de 1,824 minutos y una desviación estándar de 0,1212 minutos. (Ver anexo C)

- Actividad Instalar soporte nivelador

Al realizar la prueba de normalidad, se encontró que los datos se ajustan a esta distribución con una media de 2,961 minutos y una desviación estándar de 0,1483 minutos. (Ver anexo C)

- Actividad Colocar nivelador

Al realizar la prueba de normalidad, se encontró que los datos se ajustan a esta distribución con una media de 0,7815 minutos y una desviación estándar de 0,03884 minutos. (Ver anexo C)

- Actividad Empaque

Al realizar la prueba de normalidad, se encontró que los datos se ajustan a esta distribución con una media de 1,716 minutos y una desviación estándar de 0,09433 minutos. (Ver anexo C)

Tabla 17. Resumen prueba de normalidad Costados

Actividad	Prueba de normalidad	Media (min)	Desviación Estándar (min)
Alistar material	Si	1,993	0,2936
Colocar tapa decorativa	Si	1,824	0,1212
Instalar soporte nivelador	Si	2,961	0,1483
Colocar nivelador	Si	0,7815	0,03884
Empaque	Si	1,716	0,09433

Fuente: Autores

6.2 ELABORACIÓN DE UN MODELO DE SIMULACIÓN

6.2.1 Locaciones.

- Almacén de materia prima

En esta locación llegan todas las materias primas requeridas para la elaboración de pedestales y costados, que en la simulación se almacenan solo tres componentes: madera, metal y tornillería.

- Metalmecánica

En esta locación se realizan todos los procesos requeridos para la materia prima metal tal como: cortes, perforaciones en troqueles, doblado y soldadura.

- Pre-consolidación

En esta locación se agrupan las piezas que corresponden a cada tipo de producto, sea costado o pedestal.

- Consolidación

En esta locación se realiza la agrupación de los productos correspondientes a cada pedido para verificar que se estén procesando todas las piezas requeridas para los productos solicitados en los pedidos.

- Pintura

Es un horno en el que se van colgando las piezas que requieren pintura. Las piezas son colgadas en unos ganchos y se inicia el recorrido en el horno. Allí se les aplica una pintura en polvo que se adhiere al metal por efecto del aumento de temperatura.

- Retoque

En esta locación se revisa que las piezas estén bien pintadas y hacen las correcciones necesarias para que las piezas queden con una apariencia de color uniforme.

- Alistamiento costado

En esta locación se alistan todos los materiales requeridos para el ensamble de los costados.

- Alistamiento pedestal

En esta locación se alistan todos los materiales requeridos para el ensamble de los costados.

- Ensamble pedestal: actividad 1, 2, 3, 4 y 5

En esta celda se realizan las cinco actividades necesarias para el ensamble del pedestal hasta obtener el producto empacado.

- Ensamble costados: actividad 1, 2, 3 y 4

En esta celda se realizan las cuatro actividades necesarias para el ensamble del costado hasta obtener el producto empacado.

- Carpintería

Esta locación es la encargada de fabricar los frentes de los pedestales.

- Almacén ensamble

En esta locación se guardan las materias primas pequeñas requeridas para el ensamble de todos los productos tal como: tornillos, remaches, tuercas y rieles.

- Bodega de producto terminado

En esta locación se almacenan los productos pertenecientes a cada pedido con su respectiva etiqueta.

6.2.2 Entidades.

- Materia prima metal
- Materia prima madera
- Materia prima tornillos
- Pedidos
- Costados
- Pedestales
- Producto en proceso pedestal
- Producto en proceso costado
- Producto combinado

6.2.3 Recursos.

- Montacargas eléctricos
- Montacargas manuales
- Personas

6.2.4 Distribuciones de usuario.

6.2.4.1 Tipo de producto. De la información suministrada por la empresa, se realizó un filtro de los pedidos correspondientes a pedestales y costados de tres meses. Con estos datos se estableció un perfil de pedidos para la simulación de la siguiente manera.

- **Tipo 1:** De los pedidos que llegan a la empresa que contienen las familias escogidas, el 30% corresponden sólo a pedestales.
- **Tipo 2:** De los pedidos que llegan a la empresa que contienen las familias escogidas, el 30% corresponden sólo a costados.
- **Tipo 3:** De los pedidos que llegan a la empresa que contienen las familias escogidas, el 40% corresponden a pedidos combinados e igual proporción pedestales y costados.

6.2.4.2 Cantidad a producir. Del filtro de pedidos mencionado anteriormente, se escogieron las cantidades solicitadas en los pedidos con mayor frecuencia y se les asignó su respectivo porcentaje de la siguiente manera:

- 40 unidades en el 10% de los pedidos
- 60 unidades en el 60% de los pedidos
- 80 unidades en el 30% de los pedidos

Para estas distribuciones se tomaron las modas de los pedidos, ya que las solicitudes eran muy variables.

6.2.5 Número de corridas del modelo. Con el fin de definir el número de corridas que debe tener el modelo y buscando unos resultados confiables se calculó el número de réplicas de la siguiente manera:

- Desviación estándar (S)= 26,19
- Número de días al mes (n)= 30

Teniendo en cuenta los anteriores datos se utilizó la distribución t y un nivel de confianza del 95% para encontrar el error permisible.

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

$$e = \frac{(0,683)(26,19)}{\sqrt{30}} = 3,266$$

Con un error permisible de 3,266 se logró encontrar el número teórico de corridas de la siguiente manera:

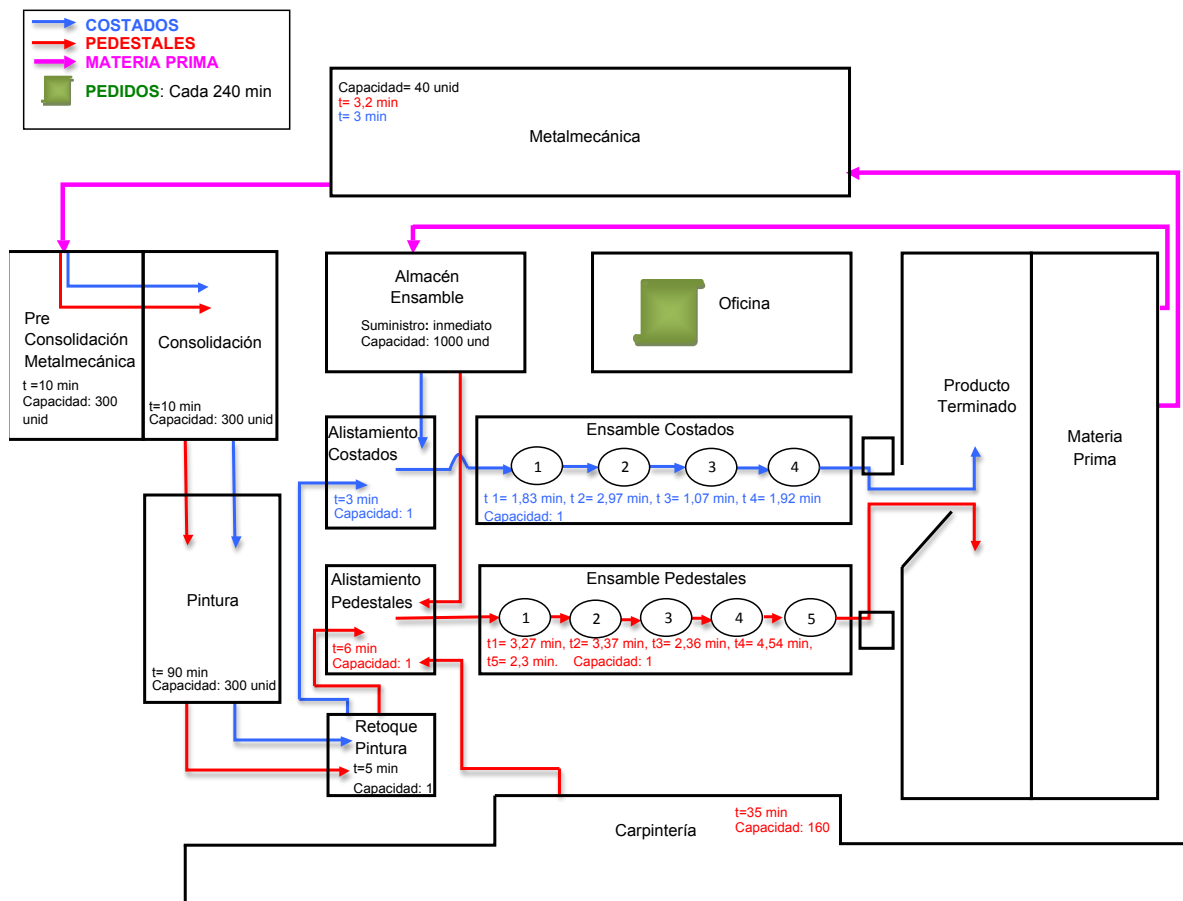
$$N = \left(\frac{Z_{\alpha/2} S}{4} \right)^2$$

$$N = \left(\frac{(1,96)(26,19)}{3,266} \right)^2 = 164,61 = 165 \text{ corridas}$$

Finalmente se encontró que el número teórico de corridas es de 165, sin embargo para efectos de mejor rendimiento en la corrida del modelo se tomaron 10 réplicas.

6.2.6 Diagrama de simulación.

Figura 14. Diagrama de simulación



Fuente: Autores

Se realizó en diagrama de la simulación por medio del cual, se puede observar el flujo de los materiales y de las entidades. En la Figura 14, se explica el flujo, la capacidad y tiempo de procesamiento para cada una de las piezas que componen

tanto los pedestales como los costados. Facilitando entender los diferentes flujos dentro del proceso.

El proceso comienza cuando llega el pedido a la oficina y se envía electrónicamente la orden de llevar la cantidad de materia prima metal requerido para fabricar las piezas del pedido al área de metalmecánica. Allí se procesan las piezas y se acumulan en un espacio temporalmente hasta que están completas y pasan a la estación de pre-consolidación donde se organizan todas las piezas verificando que estén completas y se pasan a consolidación, que es donde organizan las partes metálicas de acuerdo a los pedidos realizados y las pasan al horno de pintura. De allí se retocan y pasan al alistamiento que corresponda: pedestales o costados.

Simultáneamente al procesamiento de las piezas metálicas, se envía la orden de llevar las materias primas de madera y de tornillería a la ubicación requerida para hacer su procesamiento de acuerdo al tipo de producto a fabricar y de allí se llevan al alistamiento del producto donde se unen a las piezas metálicas para iniciar el proceso de ensamble. Si son pedestales pasan por 5 actividades de ensamble y si son costados pasan por 4 actividades y entre dichas actividades hay productos en cola debido a la diferencia de tiempos de operación. Cuando se terminan de ensamblar los productos y se empaacan, se almacenan por un turno en el pasillo donde se les ponen las etiquetas del pedido y pasan a la bodega de producto terminado, allí se almacenan 1 día y el área de logística se encarga de su despacho. (Ver Figura 14)

6.2.7 Código del modelo.

Ver Anexo D

6.3 PROPUESTA DE SINCRONIZACIÓN EN LA CELDA DE ENSAMBLE

Se planteó un indicador para medir el tiempo de esperas en la celda de ensamble respecto al tiempo total de funcionamiento de la celda y se verificó su funcionamiento en tres escenarios básicos y sus combinaciones tanto en costados como en pedestales, uno bajo el panorama actual, otro con una redistribución de actividades y el tercero con una reducción en desplazamientos debido a una reubicación de materiales necesarios para los ensambles. Esto permitió verificar el funcionamiento del indicador bajo la condición actual y en situaciones mejoradas.

6.3.1 Escenario Actual Costados y Pedestales. Para este modelo de simulación se asumieron los datos normales, por esta razón se utilizó una distribución normal en cada una de las actividades tanto de pedestales como de costados.

A partir de la simulación de esta situación se obtuvieron los siguientes resultados, se produjeron 2127 unidades de costados y el porcentaje de espera de estos fue del 50 % del tiempo de procesamiento de los costados. Por otro lado para los pedestales salieron 1470 unidades de pedestales y un porcentaje de espera del 21% del tiempo de proceso.

Tabla 18. Tiempo promedio de pedidos escenario actual

Scoreboard (Avg. Reps)					
Replication	Name	Total Exits	Average Time In System (Min)	Average Time In Operation (Min)	Average Cost
Avg	Mp metal	0,00	0,00	0,00	0,00
Avg	LMC	0,00	0,00	0,00	0,00
Avg	Mp tornillería	3.175,60	17.501,43	0,00	0,00
Avg	Mp madera	1.258,40	4.523,70	35,00	0,00
Avg	Pedido	241,30	1.845,07	723,27	0,00

Fuente: Autores

En la Tabla 18 se puede ver que la cantidad promedio de pedidos es de 241 pedidos los cuales se demoran en promedio 1845 min en el sistema, es decir, que esos pedidos tardan aproximadamente 2 días en salir del sistema. Para esto se debe tener en cuenta que los pedidos tanto de pedestales como de costados son de aproximadamente entre 20 a 40 unidades.

Por medio de la Figura 16 se puede evidenciar la disponibilidad que existe de los recursos, pues el mayor porcentaje del tiempo estos se encuentran disponibles, por lo tanto las demoras o causas de no sincronización en la celda de ensamble no son por falta de disponibilidad de estos.

Figura 15. Gráfico de recursos escenario actual

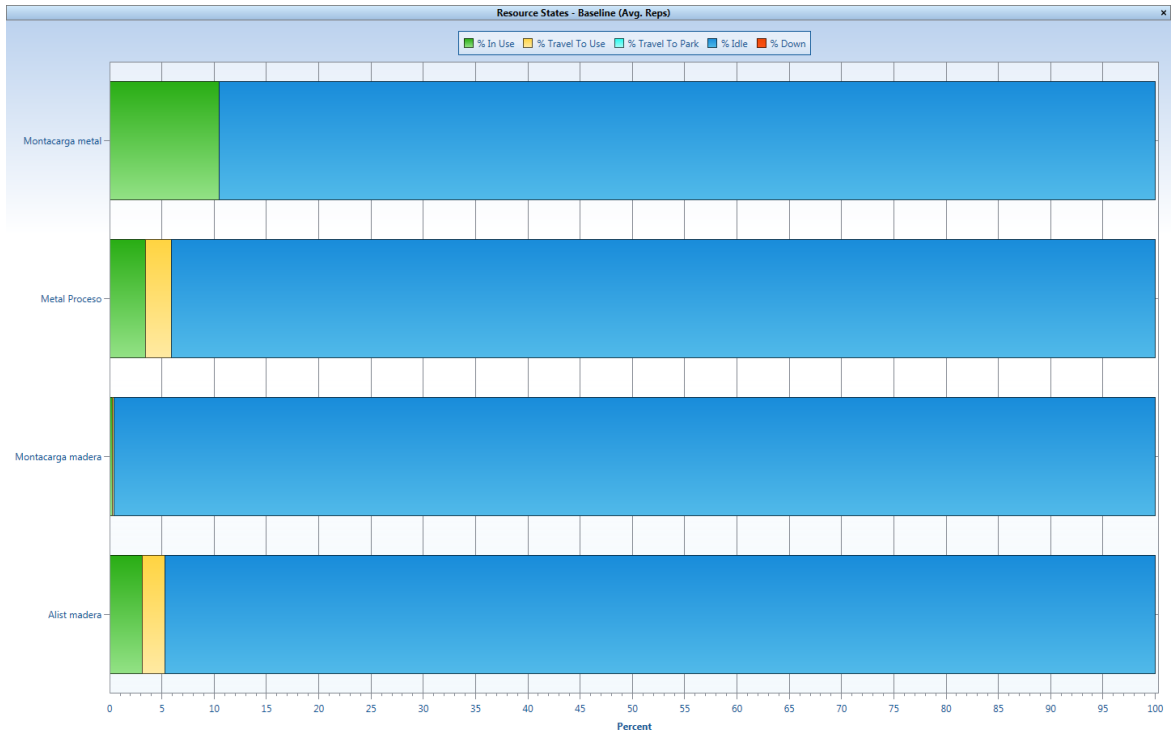
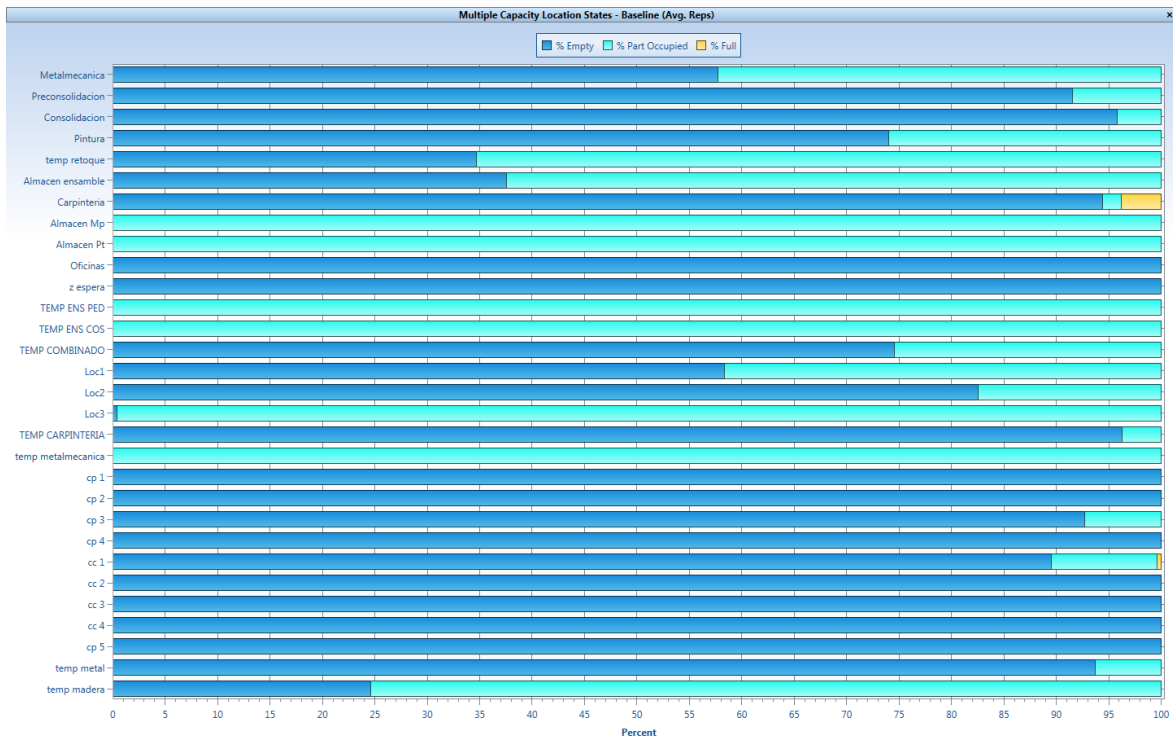


Figura 16. Gráfico capacidad en las locaciones escenario actual



A través de la Figura 17 se puede observar la capacidad de las locaciones, donde el mayor porcentaje se encuentran disponibles. Pues no se almacena producto por que no haya suficiente espacio, ni por qué se esté procesando. La única locación en la que se observa que puede llegar a llenarse es la de carpintería, pues esta funciona prácticamente aparte ya que la empresa posee toda una línea de madera. Por lo tanto la capacidad para procesar lo que requieren los pedestales y costados es mínima para lo que ellos tienen dentro de su línea. Además en el área de metalmecánica la cual es una de las áreas con mayor capacidad dentro de la empresa, no encontramos piezas acumuladas ya que visualmente puede no ser apropiado para la empresa.

6.3.2 Propuesta 1 balanceo de actividades Costados. Para esta propuesta del producto costado se planteó hacer un balanceo en el tiempo de las actividades que pertenecen al proceso de ensamble del costado y se cambiaron los tiempos de distribución normal por los siguientes ver Tabla 19.

Tabla 19. Balanceo de tiempo de actividades Costados

Alistar Material (min)	Actividad 1 (min)	Actividad 2 (min)	Actividad 3 (min)	Actividad 4 (min)
2	2,03	2,01	1,96	1,84

Fuente: Autores

Al realizar este cambio en los tiempos de las actividades, se obtuvieron los siguientes resultados, 2208 unidades de costado con un porcentaje de tiempo de espera de 12%, para los pedestales se obtuvieron 1500 unidades con un porcentaje de tiempo de espera de 24%. De aquí se puede observar que tanto la cantidad de costados como de pedestales tuvieron un incremento de unas 70 unidades para el primero y 30 para el segundo. Por otro lado el porcentaje de espera de los costados disminuyó significativamente, pues se redujo en más del 50 %, mientras que el porcentaje de espera para los pedestales se incrementó en un 3%.

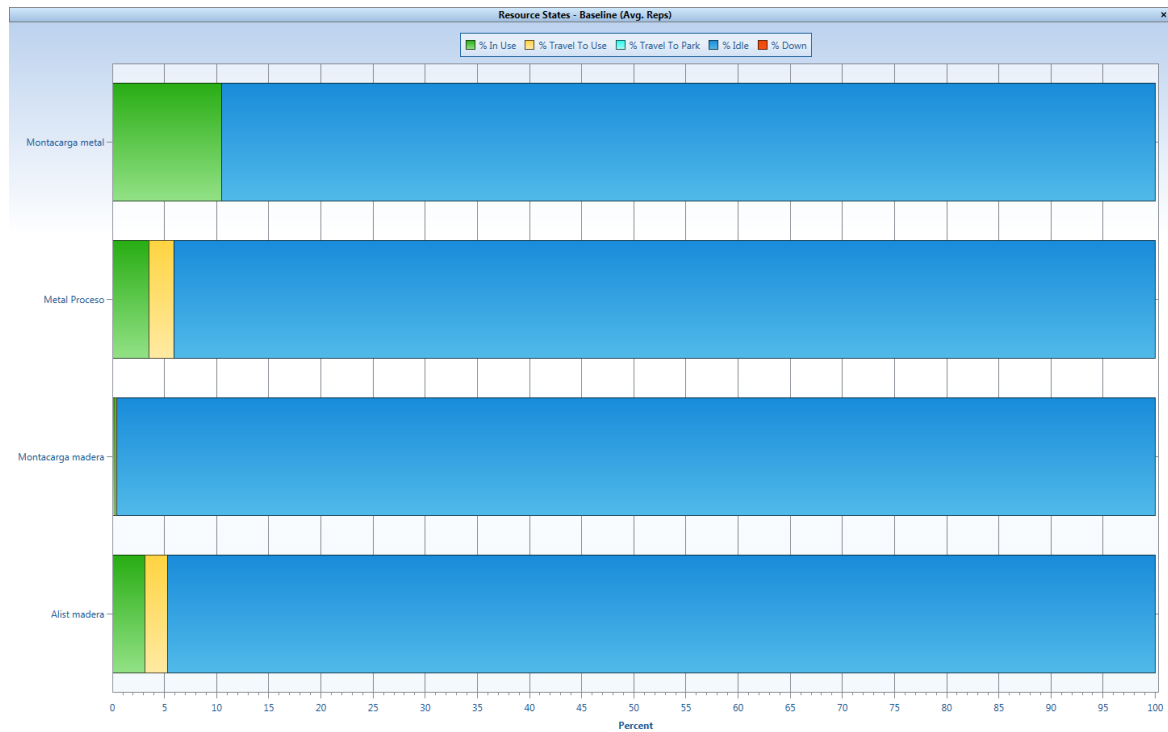
Tabla 20. Tiempo promedio de pedidos propuesta 1 costados

Scoreboard (Avg. Reps)						
Replication	Name	Total Exits	Average Time In System (Min)	Average Time In Operation (Min)	Average Cost	
Avg	Mp metal	0,00	0,00	0,00	0,00	
Avg	LMC	0,00	0,00	0,00	0,00	
Avg	Mp tornilleria	3.183,80	17.336,39	0,00	0,00	
Avg	Mp madera	1.265,10	4.422,71	35,00	0,00	
Avg	Pedido	241,40	1.910,41	724,17	0,00	

Al realizar el balanceo de las actividades en el producto costados se puede observar según la Tabla 20 que la cantidad de pedido es la misma que la del

escenario actual, es decir, 241 pedidos, sin embargo el tiempo que estos permanecen en el sistema es superior, es de 1910 min.

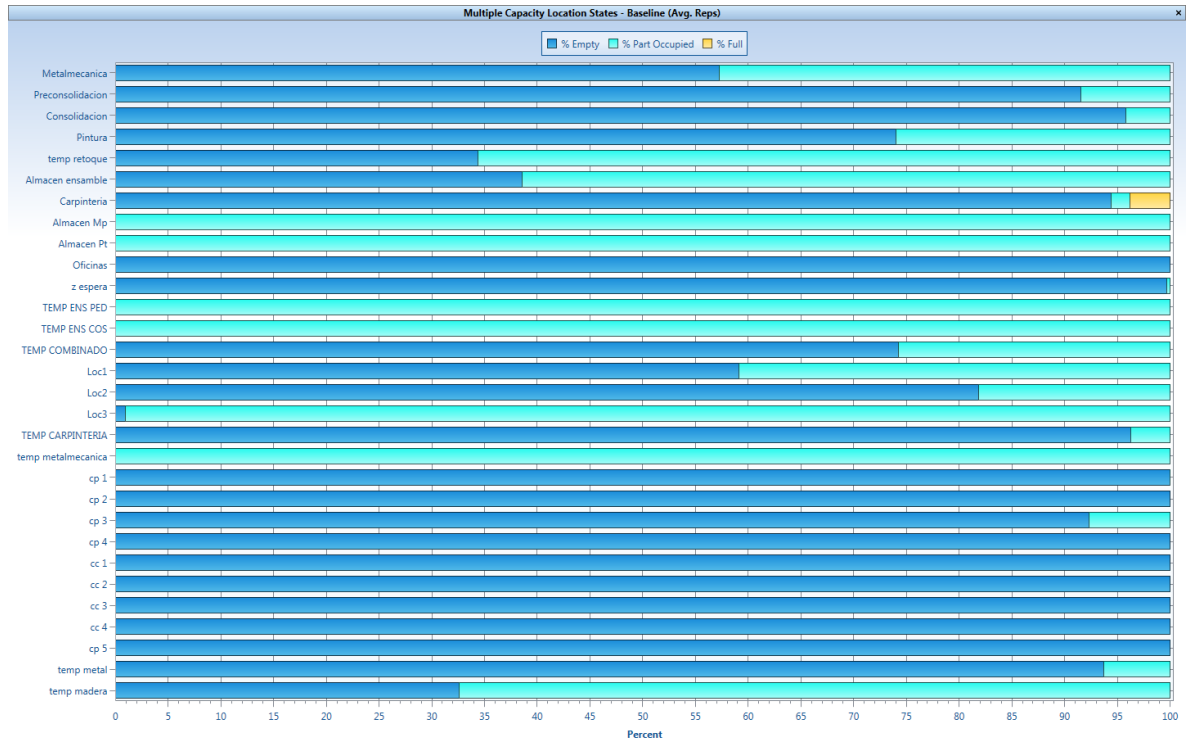
Figura 17. Gráfico de recursos propuesta 1 Costados



Para este escenario la situación de los recursos es la misma que en la situación actual. Pues el mayor porcentaje del tiempo estos se encuentran disponibles. Por lo tanto estos recursos no serían los causantes de las demoras. (Ver Figura 18)

En esta propuesta, las locaciones no tienen problema ya que en ningún momento estas se quedan sin capacidad. Pues en el Figura 19, es posible ver que el mayor porcentaje del tiempo permanece libre. La única locación que logra estar llena en el modelo es la de carpintería por las razones anteriormente mencionadas.

Figura 18. Gráfico capacidad de las locaciones propuesta 1 Costados



6.3.3 Propuesta 2 reducciones del desplazamiento Costados. En esta propuesta lo que se planteó fue hacer una reducción en los desplazamientos que debían hacerse entre cada una de las actividades. Por este motivo los tiempos de desplazamientos quedaron de 0,05 min.

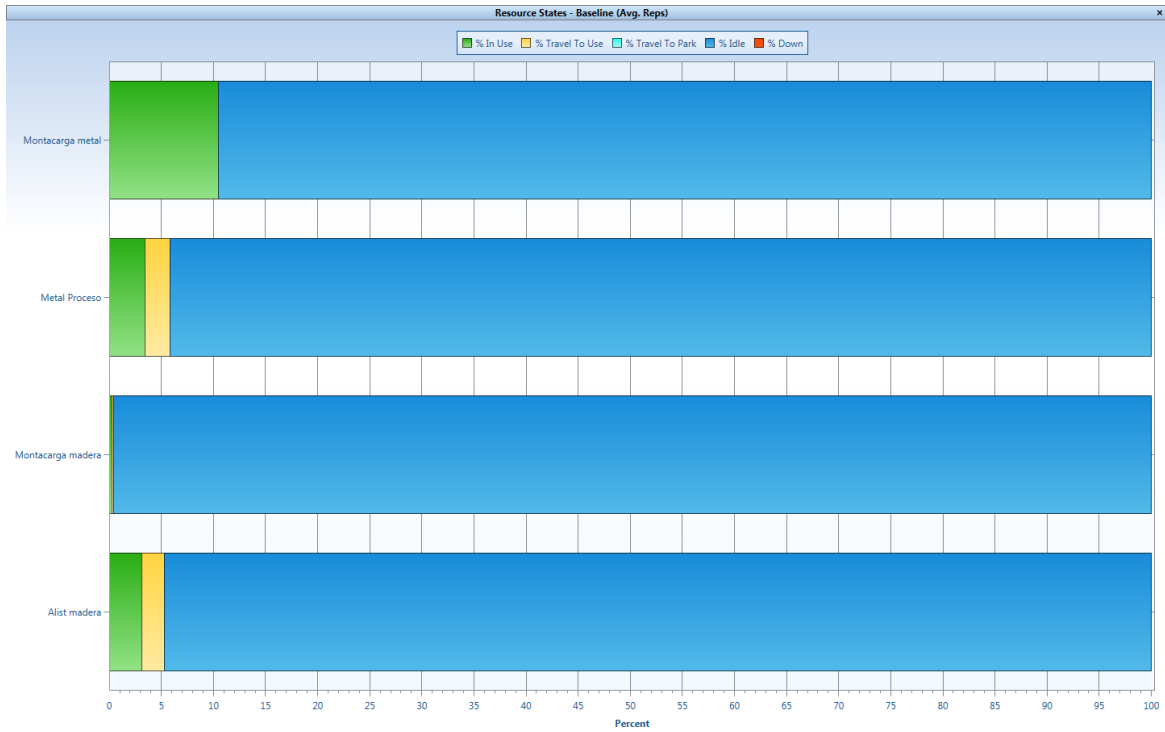
Al realizar la evaluación de este tiempo de desplazamiento se obtuvieron los siguientes resultados para los dos productos, 2192 unidades de costados con un porcentaje de espera del 43% y 1500 unidades de pedestales con un porcentaje promedio de espera de 23%. Al analizar los resultados, se puede resaltar que la cantidad producida aumentó un poco, sin embargo el porcentaje de espera para los costados sigue siendo elevado aunque disminuyó. Mientras que el de los pedestales se incrementó en un 2%.

Tabla 21. Tiempo promedio de pedidos propuesta 2 Costados

Scoreboard (Avg. Reps)					
Replication	Name	Total Exits	Average Time In System (Min)	Average Time In Operation (Min)	Average Cost
Avg	Mp metal	0,00	0,00	0,00	0,00
Avg	LMC	0,00	0,00	0,00	0,00
Avg	Mp tornilleria	3.159,00	17.374,41	0,00	0,00
Avg	Mp madera	1.266,40	4.555,85	35,00	0,00
Avg	Pedido	242,30	1.891,44	725,04	0,00

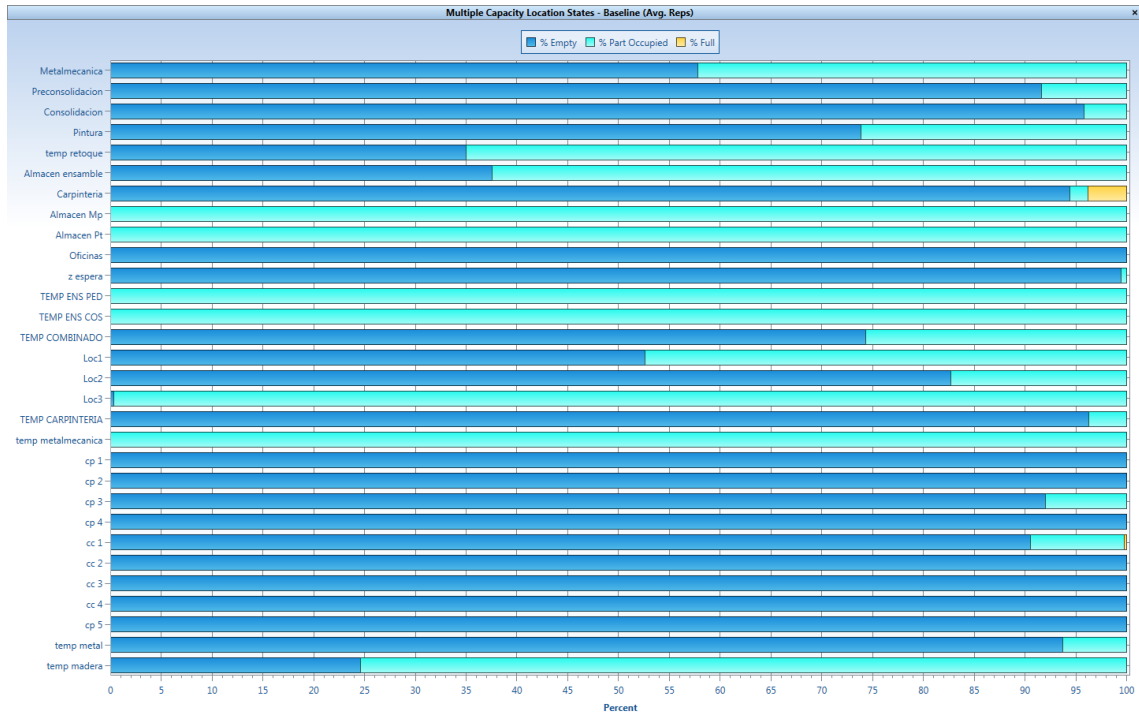
En esta propuesta el número de pedidos incrementó levemente a 242 pedidos y el tiempo en el que salen estos disminuyó con respecto a la cantidad de pedidos. (Ver Tabla 21)

Figura 19. Gráfico recursos propuesta 2 Costados



Como se ha mencionado anteriormente y podemos observar en la Figura 20 existe una gran disponibilidad de los recursos, pues todos en general se encuentran disponibles la mayor parte del tiempo. Por ende, los recursos no estarían causando demoras en el proceso.

Figura 20. Gráfico capacidad de las locaciones propuesta 2 Costados



En la Figura 21 es notable como las locaciones permanecen libres la mayor parte del tiempo, dando una idea de que estas no almacenan ni mantienen producto en proceso.

6.3.4 Propuesta 3 balanceo de actividades y reducción de desplazamientos Costados. Esta propuesta se realizó por medio de la unión de las dos anteriores, es decir, se balancearon los tiempos de las actividades del proceso de ensamble de los costados y se redujo el tiempo de desplazamiento de estos mismos. Quedando de la siguiente manera, los tiempos de las actividades se pueden ver en la Tabla 19 y el tiempo de desplazamiento es de 0,05 min.

Con estos cambios realizados a la simulación los resultados obtenidos son 2208 costados con un porcentaje de espera del 4% y 1500 unidades de pedestales con un porcentaje de espera de 24%. Como es notable la mayoría de los cambios se ven reflejados en los costados pues es aquí donde se realizaron todos los cambios. Pero es en esta propuesta aunque la cantidad de costados es muy similar a las demás propuestas, es en el porcentaje de espera donde se puede observar que este disminuye notablemente con respecto a la propuesta actual donde ese porcentaje es del 50%.

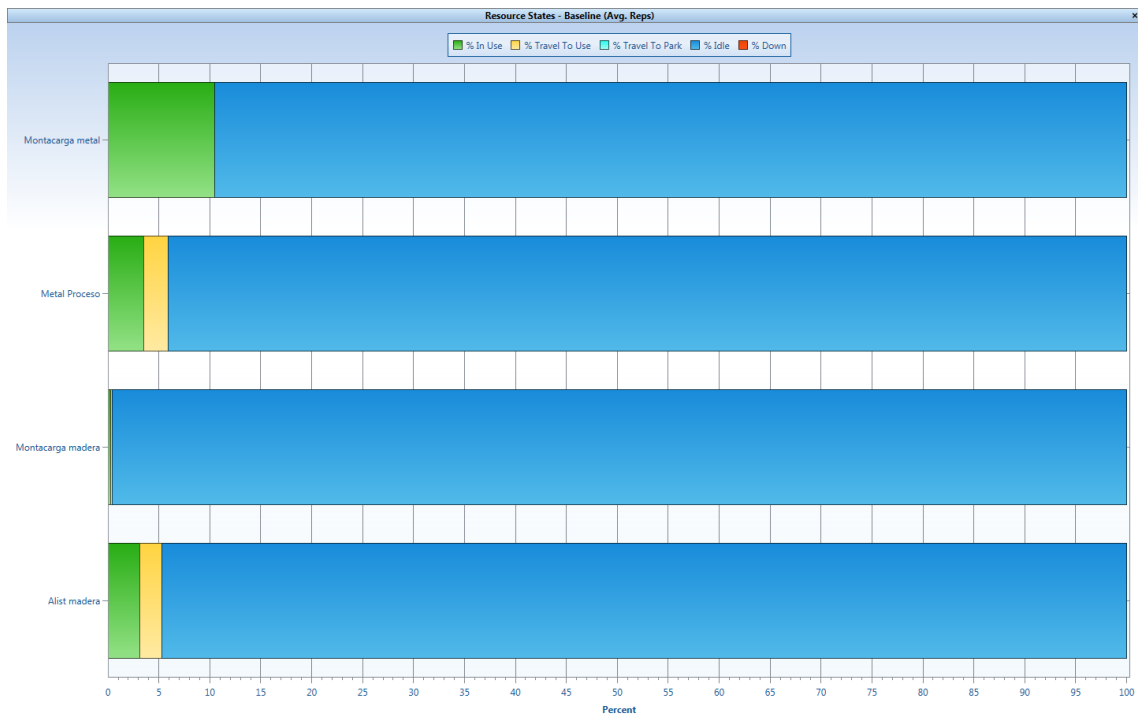
Por otro lado, con respecto a la cantidad de pedidos que se procesan siguen siendo iguales al de la propuesta actual. Sin embargo, el tiempo en procesarlos se incrementa un poco. (Ver Tabla 22)

Tabla 22. Tiempo promedio de pedidos propuesta 3 Costados

Scoreboard (Avg. Reps)						
Replication	Name	Total Exits	Average Time In System (Min)	Average Time In Operation (Min)	Average Cost	
Avg	Mp metal	0,00	0,00	0,00	0,00	
Avg	LMC	0,00	0,00	0,00	0,00	
Avg	Mp tornilleria	3.183,80	17.336,05	0,00	0,00	
Avg	Mp madera	1.265,10	4.422,71	35,00	0,00	
Avg	Pedido	241,40	1.910,75	724,17	0,00	

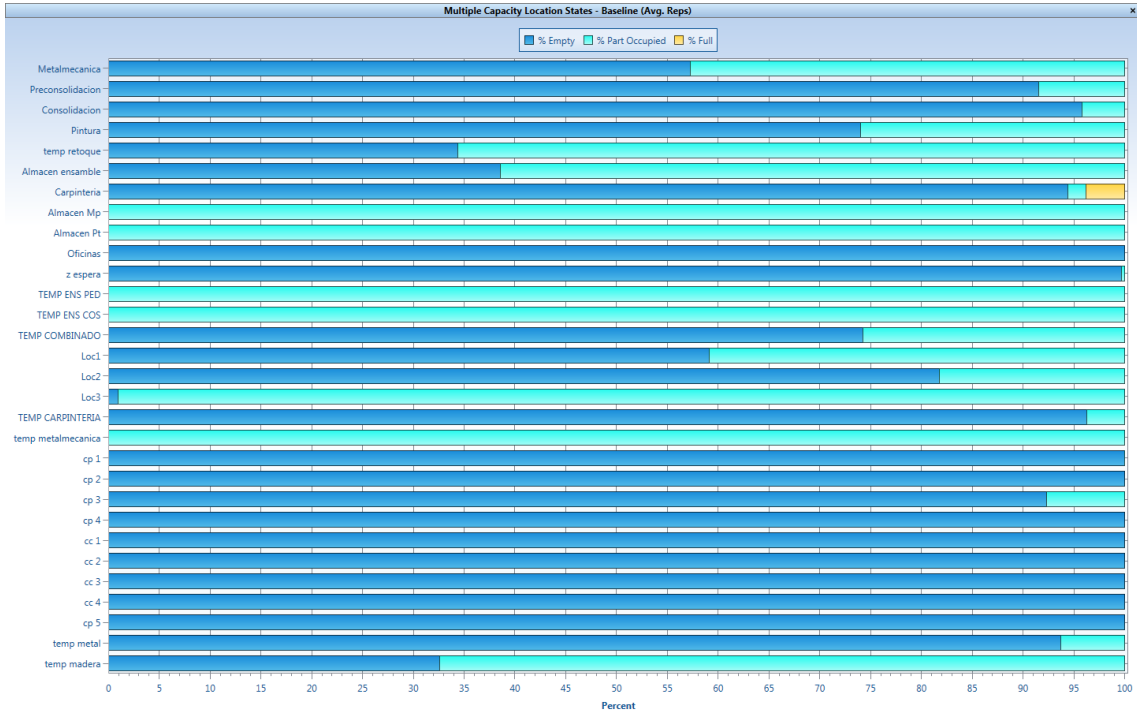
Los recursos que se observan en la Figura 22 muestran que estos realizan las labores que requieren, sin embargo permanecen la mayor parte del tiempo libre.

Figura 21. Gráfico de recursos propuesta 3 Costados



En esta propuesta las locaciones permanecen libres la mayor parte del tiempo, por esta razón no se puede decir que estas almacenan producto en proceso. Por el contrario, vemos que la locación de carpintería si se ocupa una parte del tiempo. Pero esto se debe a que esta funciona completamente a parte ya que se tiene una línea exclusiva para maderas. Por lo tanto la cantidad necesaria para los pedestales y costados es mínima dentro de ella. (Ver Figura 23)

Figura 22. Gráfico capacidad de las locaciones propuesta 3 Costados



6.3.5 Propuesta 4 balanceo de las actividades Pedestal. Para esta propuesta se planteó un balanceo en los tiempos de las actividades del pedestal, donde se reemplazaron los tiempos de distribución normal por los propuestos en la Tabla 23.

Tabla 23. Balanceo de tiempo de actividades Pedestal

Alistar Material (min)	Actividad 1 (min)	Actividad 2 (min)	Actividad 3 (min)	Actividad 4 (min)	Actividad 5 (min)
1,87	2,99	2,83	3	2,82	2,5

Fuente: Autores

Al realizar la simulación con estos nuevos tiempos se obtuvo como resultado 2159 costados con un porcentaje de espera del 50% y 1500 pedestales con un porcentaje de espera del 13%. Si se comparan estos resultados con los de la propuesta actual se puede ver que el porcentaje de espera de los pedestales disminuye notablemente, mientras que el de los costados se mantiene igual. Sin embargo en cuanto a las cantidades producidas estas incrementan levemente.

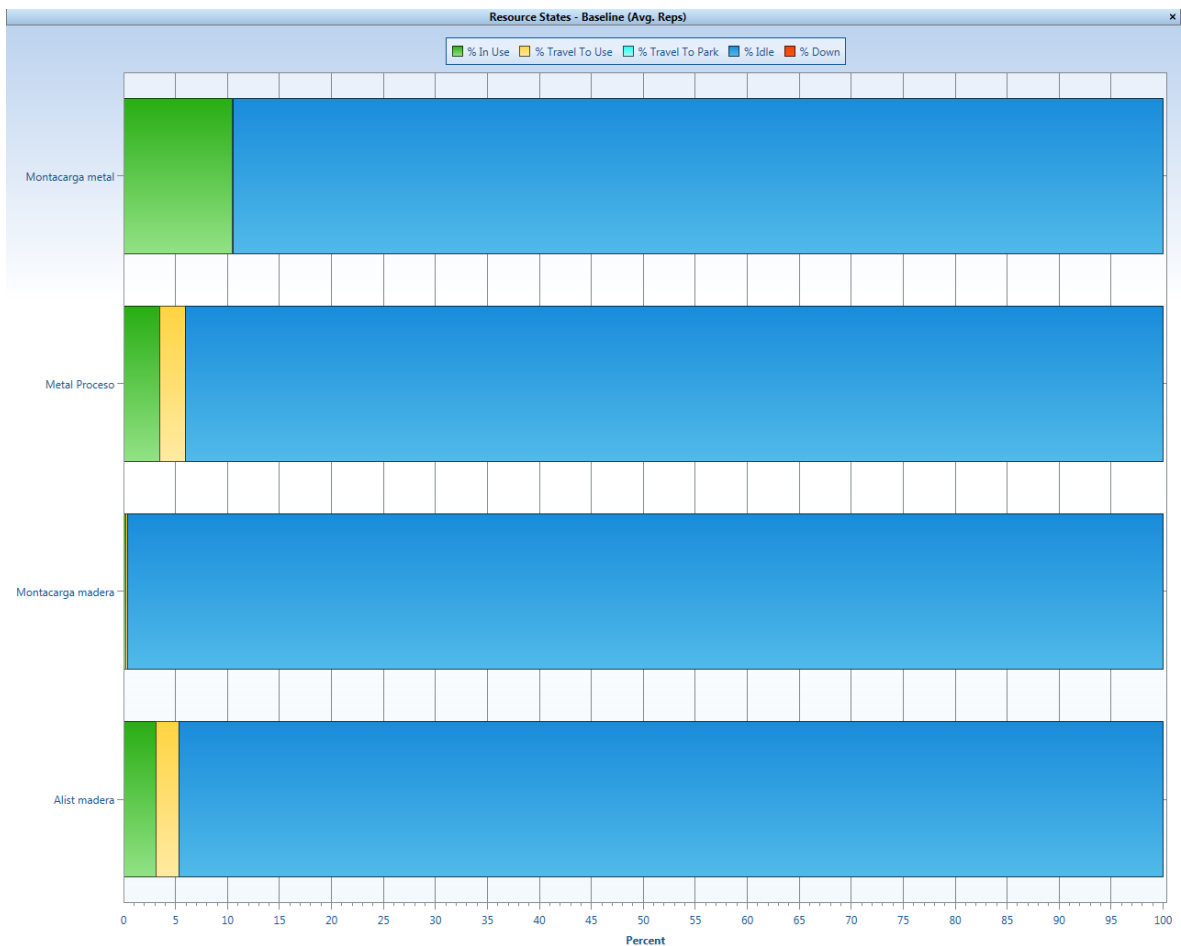
Por otro lado, los pedidos continúan constantes en 241 y con un leve incremento, pero no representativo en el tiempo en el que estos se demoran en salir del proceso. (Ver Tabla 24)

Tabla 24. Tiempo promedio de pedidos propuesta 4 Pedestal

Scoreboard (Avg. Reps)					
Replication	Name	Total Exits	Average Time In System (Min)	Average Time In Operation (Min)	Average Cost
Avg	Mp metal	0,00	0,00	0,00	0,00
Avg	LMC	0,00	0,00	0,00	0,00
Avg	Mp tornilleria	3.168,20	17.355,07	0,00	0,00
Avg	Mp madera	1.259,80	4.491,64	35,00	0,00
Avg	Pedido	241,50	1.867,21	724,46	0,00

Por medio de la Figura 24 se puede evidenciar que los recursos en más del 70% del tiempo permanecen libres. Por lo tanto se puede decir que siempre existe una disponibilidad de este mismo, ya que estos no son los responsables de las demoras que existen dentro del proceso de ensamble.

Figura 23. Gráfico de recursos propuesta 4 Pedestal



Con respecto a la capacidad de las locaciones en la propuesta 4, se puede decir que las locaciones no permanecen ocupadas. Por lo tanto no almacenan producto en proceso. Ya que en un 70% aproximadamente permanecen libres. (Ver Figura 25)

Figura 24. Gráfico de capacidad de locaciones propuesta 4 Pedestal



6.3.6 Propuesta 5 reducciones del desplazamiento Pedestal. Para la reducción de los desplazamientos en la celda de ensamble de pedestal entre cada una de las actividades pertenecientes a esta se definió que el tiempo de desplazamiento sería de 0,1 min.

Al realizar dicha modificación los resultados obtenidos en la simulación son 2183 unidades de costados con un porcentaje de espera del 50% y 1490 unidades de pedestales con un porcentaje de espera del 16%. Al realizar estos cambios se puede observar que las cantidades producidas en especial en cuanto a los pedestales no existe mayor diferencia con la propuesta actual, sin embargo el porcentaje de espera si disminuye notablemente. Lo cual podría asegurarnos una

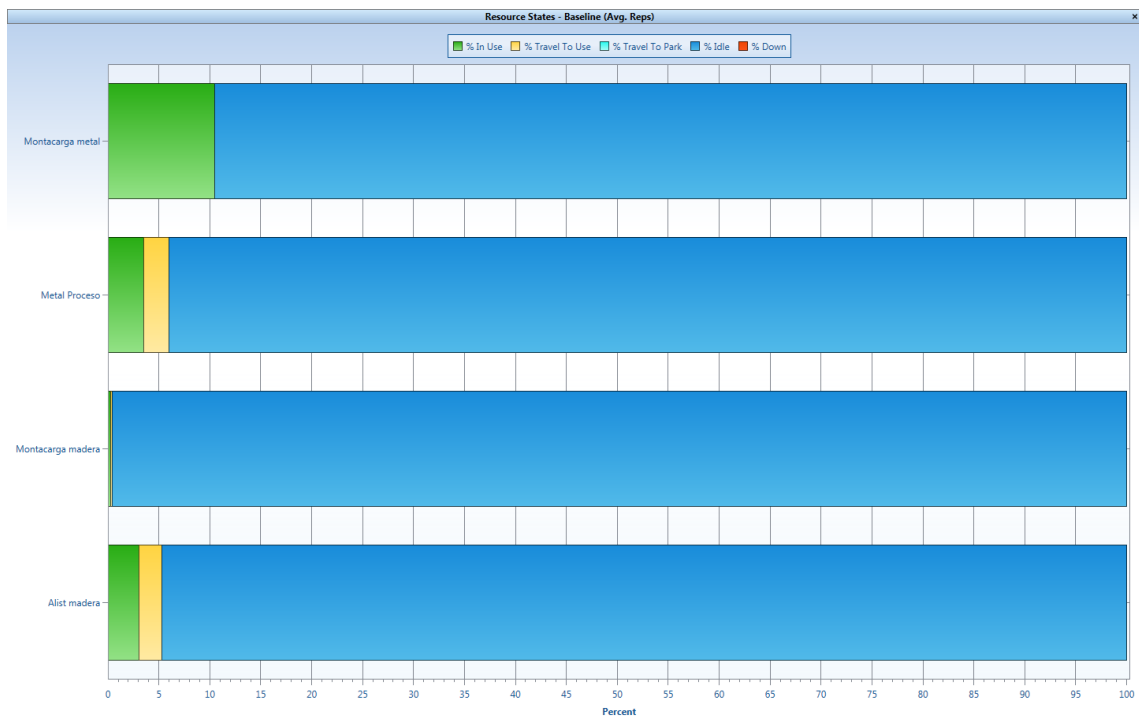
disminución en el tiempo de procesamiento. En cuanto a los costados en esta propuesta no se observa un cambio notorio.

Tabla 25. Tiempo promedio de pedidos propuesta 5 Pedestal

Scoreboard (Avg. Reps)					
Replication	Name	Total Exits	Average Time In System (Min)	Average Time In Operation (Min)	Average Cost
Avg	Mp metal	0,00	0,00	0,00	0,00
Avg	LMC	0,00	0,00	0,00	0,00
Avg	Mp tornilleria	3.178,30	17.476,94	0,00	0,00
Avg	Mp madera	1.248,30	4.461,89	35,00	0,00
Avg	Pedido	241,70	1.853,66	723,86	0,00

Al revisar la Tabla 25 se observa que la cantidad de pedidos en el sistema es el mismo que el de la propuesta actual, a pesar de esto el tiempo promedio en salir de los pedidos es de 1853 min.

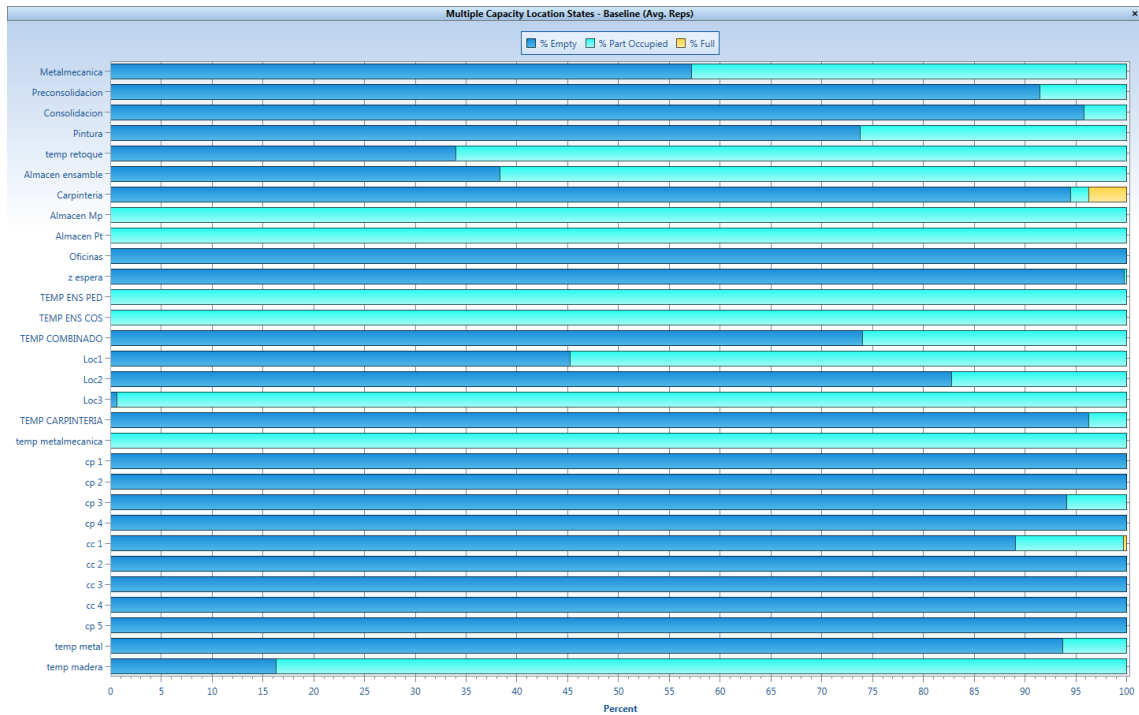
Figura 25. Gráfico de recursos propuesta 5 Pedestal



Como se ha mencionado anteriormente estos recursos permanecen la mayor parte del tiempo disponible y por tal motivo se puede asegurar que las demoras o tiempos de no sincronización de la celda de ensamble no se produce por causa de los recursos. (Ver Figura 26)

En cuanto a la capacidad de las locaciones, para este modelo estas son suficientes ya que la gran parte del tiempo permanece desocupadas, lo cual permite asegurar que por la capacidad de las locaciones no se genera producto en proceso. (Ver Figura 27)

Figura 26. Gráfica capacidad de las locaciones propuesta 5 Pedestal



6.3.7 Propuesta 6 balanceo de actividades y reducción de desplazamientos Pedestal. Para la propuesta planteada se quiso unir la propuesta 4 con la número 5, donde se disminuyó el tiempo de desplazamiento a 0,1 min y se balanceó el tiempo de las actividades de la celda de ensamble de pedestal. Ver los tiempos en la Tabla 23.

Después de realizar estas modificaciones, la simulación arrojó los siguientes resultados, 2155 unidades de costados con un porcentaje de espera del 50 % y 1500 unidades de pedestales con un porcentaje de espera del 9 %. Estos resultados son satisfactorios con respecto a la propuesta actual, puesto que se logró reducir el porcentaje de espera de los pedestales en casi un 50%.

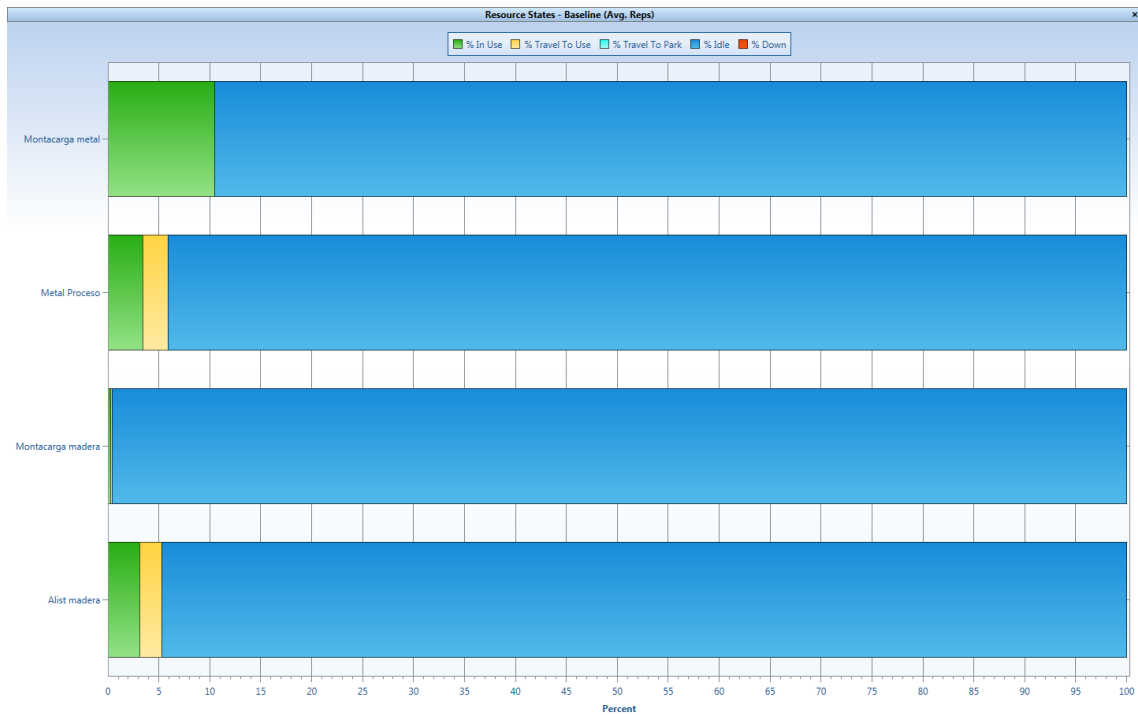
En la Tabla 26 donde se observó el tiempo promedio en que se demoran en salir los pedidos del sistema, se obtuvieron 241 pedidos, los cuales se demoran 1866 min en salir, con respecto a la propuesta actual estos pedidos tiene un comportamiento similar.

Tabla 26. Tiempo promedio de pedidos propuesta 6 Pedestal

Scoreboard (Avg. Reps)						
Replication	Name	Total Exits	Average Time In System (Min)	Average Time In Operation (Min)	Average Cost	
Avg	Mp metal	0,00	0,00	0,00	0,00	
Avg	LMC	0,00	0,00	0,00	0,00	
Avg	Mp tornilleria	3.168,20	17.356,33	0,00	0,00	
Avg	Mp madera	1.259,80	4.494,82	35,00	0,00	
Avg	Pedido	241,50	1.866,10	724,46	0,00	

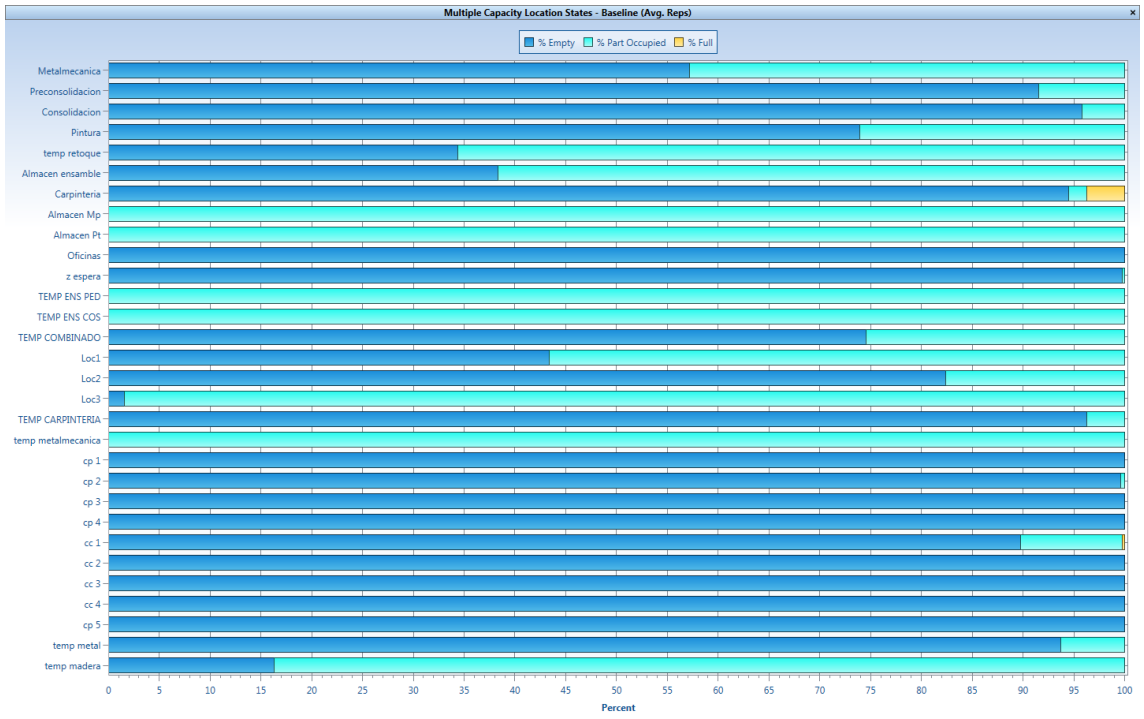
Como se ha mencionado, los recursos del modelo no representan ninguna demora dentro del proceso. Pues siempre encontramos disponibilidad de los mismos en casi un 70% del tiempo. (Ver Figura 28)

Figura 27. Gráfico recursos propuesta 6 Pedestal



Al revisar la Figura 29 se observa que las locaciones dentro del proceso tienen una gran capacidad para procesar sin la necesidad de almacenar producto en proceso.

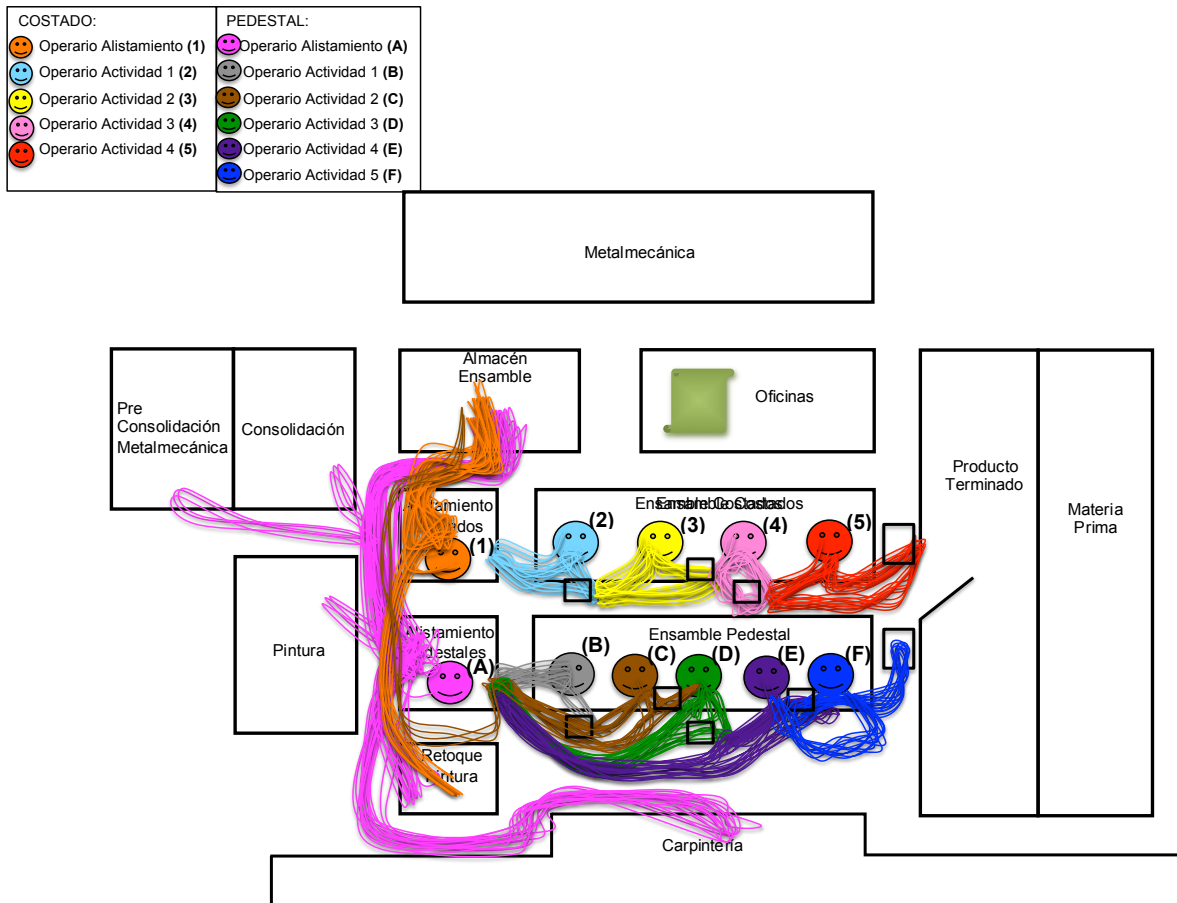
Figura 28. Gráfico capacidad de las locaciones propuesta 6 Pedestal



6.4 DIAGRAMA DE SPAGHETTI

Por medio del diagrama de spaghetti se puede visualizar los movimientos de los operarios dentro de su lugar de trabajo y conocer los tiempos y distancias que existen en su recorrido de trabajo. Lo que se busca con esta figura es poder reducir los tiempos y así mismo que el proceso sea más eficiente y se aumente la producción. Evitando desplazamientos innecesarios de los trabajadores, asegurando mayor productividad.

Figura 29. Diagrama de Spaghetti



Fuente: Autores

A través de la Figura 30, se puede observar los diferentes desplazamientos para el producto costados. En la figura el operario de color naranja (1) que se encuentra ubicado en la parte de alistamiento costado, es la persona encargada de alistar todos los materiales para el ensamble del costado, es por esto que sus desplazamiento son los más extensos dentro del proceso de dicho producto. Pues este debe dirigirse al almacén de ensamble, retoque pintura y nuevamente al

almacén de ensamble en repetidas ocasiones. Todos estos desplazamientos deben realizarse ya que como los operarios transportan los materiales en las manos, sólo puede coger aproximadamente de 5 productos, por lo tanto deben dirigirse varias veces al mismo lugar y regresar siempre a su lugar de trabajo a dejarlas.

El operario de color azul claro (2) es el que pertenece a la primera actividad de costados. Es decir, a tapa decorativa, en este caso el desplazamiento es más corto pero repetitivo pues se trata del elemento más delicado del producto, ya que es este el que porta el logo y marca del producto y debe protegerse de no ser rayado.

El operario de color amarillo (3) es el de la actividad instalar soporte nivelador, es la actividad más demorada en el proceso de ensamble del costado. Es por esta razón que el operario debe dirigirse al almacenamiento temporal de la actividad anterior, donde su predecesor le deja el producto que ya está listo, generándose un pequeño work in process entre las actividades.

El operario de color rosado (4) es el encargado de la actividad instalar niveladores este debe dirigirse a la actividad anterior y tomar los elementos necesarios para realizar su actividad, para dejar el producto en proceso en un almacenamiento temporal ya que la actividad siguiente es un poco más demorada.

El operario de color rojo (5) pertenece a la última actividad del costado, es decir, la de empaque este debe traer el costado y la tapa para empacarlos por esta razón debe desplazarse a traer las piezas. Esta persona también es la encargada de inspeccionar el producto y llevarlo al almacenamiento.

Por otro lado para el producto pedestal en la figura 31, se pueden observar los desplazamientos de los operarios correspondientes a este producto. El operario de color rosado oscuro (A) pertenece al alistamiento pedestal, esta es la persona encargada de dirigirse a las diferentes áreas para recolectar las piezas necesarias para el pedestal. Pues debe ir al almacén de ensamble, carpintería, almacén de ensamble, retoque pintura y regresar nuevamente al almacén de ensamble. Como se mencionó para costados este debe desplazarse varias veces debido a que las piezas se transportan en las manos y solo se pueden llevar aproximadamente de a 5 unidades. Sin embargo como podemos ver en la figura, en algunas ocasiones el operario debe desplazarse hasta consolidación o pre consolidación, en busca de las piezas que muchas veces se han extraviado en el recorrido. Ya que dentro de la empresa no se tiene un control sobre la trazabilidad de estas.

El operario de color gris (B) debe dirigirse al alistamiento pedestal por las piezas que se necesitan para realizar la primera actividad, que es la de armar las gavetas. Y dejarlas en un almacenamiento temporal, puesto que la actividad siguiente es un poco más larga.

El operario de color café (C) perteneciente a la actividad instalar frente a gavetas debe dirigirse al alistamiento para recoger los tornillos y el producto en proceso de la actividad anterior.

El operario de color verde (D) y el de color morado (E) son los encargados de las actividades acondicionar coraza y ensamble general respectivamente. Para estas actividades los operarios deben desplazarse a alistamiento para recoger los tornillos y luego recoger el producto en proceso en su respectivo lugar. Sin embargo la actividad de ensamble general es mucho más demorada que la de acondicionar coraza, ya que esta persona además de que debe desplazarse, es la encargada de armar todo el producto y este producto está compuesto por varias piezas que toman tiempo para ensamblar.

Finalmente el operario de color azul oscuro (F), se encuentra en la actividad de empaque, se demora la mitad de su actividad predecesora, es por esto que este operario al terminar de realizar su actividad pasa a la actividad anterior a servirle de apoyo al operario anterior para poder agilizar la construcción de los pedestales.

7. PROPUESTA DE SINCRONIZACIÓN DE LAS AREAS PROVEEDORAS DE ENSAMBLE

Se planteó un indicador para medir la sincronización en la llegada de las piezas requeridas en la celda de ensamble tanto de costados como de pedestales basados en la diferencia de tiempo de llegadas respecto al tiempo total disponible y se verificó su funcionamiento en tres escenarios, uno bajo el panorama actual con los inconvenientes que se presentan, un segundo escenario con las condiciones esperadas cuando no se presentan inconvenientes y el tercero con una mejora en el manejo de materiales. Esto permitió verificar el funcionamiento del indicador bajo tres condiciones y mostrar el impacto en la sincronización de la manera como se programan los ensambles actualmente.

7.1 ESCENARIOS PARA LA SINCRONIZACIÓN EN COSTADOS

Para realizar en ensamble de los costados se requiere de la unión de unas piezas metálicas y de piezas pequeñas que se traen del almacén ensamble, que por practicidad en las simulaciones se les llamó a estas últimas como tornillería. Es por ello que la sincronización de las áreas proveedoras a ensamble costados depende de las diferencias de tiempo entre llegadas de sus componentes.

Para dar una medición de sincronización se tomó un plan de producción típico para la celda de ensamble de costados, mostrando el número de unidades solicitadas en cada pedido por día y teniendo en cuenta las siguientes condiciones:

- En el plan de producción tomado se debía fabricar 253 unidades en el día.
- El tiempo disponible al día corresponde a 2 turnos de 8 horas a los cuales se les descuenta los tiempos de alimentación, reunión al inicio del turno y pausas activas.
- El área de metalmecánica funciona 3 turnos y le entrega los requerimientos de piezas metálicas a ensamble al inicio de cada turno (6:00 am y 2:00 pm).

7.1.1 Escenario 1 real en costados. Para este escenario se observó todo el día de trabajo de la celda ensamble y se tomaron los tiempos de inconvenientes que se presentaran y sus causas. Además se calculó la diferencia de tiempo de las llegadas de las partes requeridas, pero las horas mostradas en la tabla son para reflejar los tiempos de espera y no explícitamente que hayan ocurrido en ese horario.

El día que se tomó este escenario se presentaron dos situaciones que aumentan la diferencia de llegadas de las piezas: pérdida de algunas piezas requeridas para el ensamble de los costados y la insuficiencia de inventario de algunas piezas en el almacén ensamble. El primer caso ocurre porque la trazabilidad de las piezas es insuficiente y algunas se pueden quedar en el recorrido, lo que implica que el operario del alistamiento deba buscar en qué parte del proceso se quedó la pieza.

El segundo caso ocurre porque en ensamble no tienen visibilidad de lo que les va a llegar hasta que reciben las partes de metalmecánica y por ende no verifican si en el almacén tienen la suficiente cantidad de material requerido para el día de trabajo y ello les implica desplazarse hasta la bodega de materia prima y gestionar la llevada de las piezas hasta el almacén.

Con dichas situaciones, se encontró que no hay sincronización de la llegada de las piezas en un 17% del tiempo en que la celda de ensamble está en funcionamiento, que particularmente ocurre en la primera actividad que es alistar el material. (Ver Tabla 27)

Tabla 27. Sincronización escenario 1 Costado

ESCENARIO 1: Real					
Pedido	Cantidad de costados	Hora de llegada de tornillería al alistamiento	Hora de llegada de metal al alistamiento	Causas de demoras	tiempo de espera por diferencias en llegadas Diferencia de llegada
1	20	06:32:32 a.m.	06:20:00 a.m.	Pérdida de piezas metal	00:12:32
2	25	06:07:45 a.m.	06:00:00 a.m.	n/a	00:07:45
3	30	06:09:21 a.m.	06:00:00 a.m.	n/a	00:09:21
4	16	06:50:00 a.m.	06:00:00 a.m.	Inventario insuficiente en almacén	00:50:00
5	34	06:10:32 a.m.	06:00:00 a.m.	n/a	00:10:32
6	40	06:58:24 a.m.	06:45:00 a.m.	Pérdida de piezas metal	00:13:24
7	20	06:07:26 a.m.	06:00:00 a.m.	n/a	00:07:26
8	24	06:07:29 a.m.	06:00:00 a.m.	n/a	00:07:29
9	21	06:06:30 a.m.	06:00:00 a.m.	n/a	00:06:30
10	23	06:07:08 a.m.	06:00:00 a.m.	n/a	00:07:08
Tiempo total de espera					2:12:07
cantidad total de costados					253
Tiempo de no sincronización por producto					00:00:31
Tiempo de funcionamiento					13:00:00
% No sincronización día					17%

Fuente: Autores

7.1.2 Escenario 2 esperado en costados. Para este escenario, se eliminaron las demoras no deseadas para conocer realmente la sincronización que pueden tener si no se presentan los eventos mencionados anteriormente. Entonces, con los resultados obtenidos en la simulación de la tabla mostrada a continuación, se puede afirmar que no están sincronizados en un 10% del tiempo total al día en que funciona la celda de ensamble. (Ver Tabla 28)

Tabla 28. Sincronización escenario 2 Costado

ESCENARIO 2: Esperado				
Pedido	Cantidad de costados	Hora de llegada de tornillería al alistamiento	Hora de llegada de metal al alistamiento	tiempo de espera por diferencias en llegadas Diferencia de llegada
1	20	06:06:12 a.m.	06:00:00 a.m.	00:06:12
2	25	06:07:45 a.m.	06:00:00 a.m.	00:07:45
3	30	06:09:21 a.m.	06:00:00 a.m.	00:09:21
4	16	06:05:00 a.m.	06:00:00 a.m.	00:05:00
5	34	06:10:32 a.m.	06:00:00 a.m.	00:10:32
6	40	06:12:24 a.m.	06:00:00 a.m.	00:12:24
7	20	06:07:26 a.m.	06:00:00 a.m.	00:07:26
8	24	06:07:29 a.m.	06:00:00 a.m.	00:07:29
9	21	06:06:30 a.m.	06:00:00 a.m.	00:06:30
10	23	06:07:08 a.m.	06:00:00 a.m.	00:07:08
Tiempo total de espera				1:19:47
cantidad total de costados				253
Tiempo de no sincronización por producto				00:00:19
Tiempo de funcionamiento				13:00:00
% No sincronización día				10%

Fuente: Autores

7.1.3 Escenario 3 propuesto en costados. En este escenario se propone que todas las piezas que se traen de almacén ensamble como: tornillos, tuercas, llave, soporte de niveladores y niveladores se traigan de manera simultánea en un carro tipo los de mercado pero diseñado acorde a las necesidades de estos materiales con el fin de reducir los tiempos de desplazamiento.

Actualmente el operario transporta en las manos de la siguiente manera:

- Lleva los tornillos, las tuercas y la llave
- Lleva las tapas decorativas (cuidando que no se rayen)

- Lleva los soportes niveladores y los niveladores

Repitiendo dichos recorridos por cada 5 productos aproximadamente. Desplazamientos que pueden ser minimizados con esta alternativa y que permite disminuir la no sincronización a un 3%. (Ver Tabla 29)

Tabla 29. Sincronización escenario 3 Costado

ESCENARIO 3: Propuesto				
Pedido	Cantidad de costados	Hora de llegada de tornillería al alistamiento	Hora de llegada de metal al alistamiento	tiempo de espera por diferencias en llegadas Diferencia de llegada
1	20	06:02:06 a.m.	06:00:00 a.m.	00:02:06
2	25	06:02:06 a.m.	06:00:00 a.m.	00:02:06
3	30	06:02:06 a.m.	06:00:00 a.m.	00:02:06
4	16	06:02:06 a.m.	06:00:00 a.m.	00:02:06
5	34	06:02:06 a.m.	06:00:00 a.m.	00:02:06
6	40	06:02:06 a.m.	06:00:00 a.m.	00:02:06
7	20	06:02:06 a.m.	06:00:00 a.m.	00:02:06
8	24	06:02:06 a.m.	06:00:00 a.m.	00:02:06
9	21	06:02:06 a.m.	06:00:00 a.m.	00:02:06
10	23	06:02:06 a.m.	06:00:00 a.m.	00:02:06
Tiempo total de espera				0:21:00
cantidad total de costados				253
Tiempo de no sincronización por producto				00:00:05
Tiempo de funcionamiento				13:00:00
% No sincronización día				3%

Fuente: Autores

7.2 ESCENARIOS PARA LA SINCRONIZACIÓN EN PEDESTALES

Para realizar en ensamble de los pedestales se requiere de la unión de piezas metálicas de diferentes tamaños, piezas de madera y de pequeñas piezas que se traen del almacén ensamble, que como se mencionó anteriormente, por practicidad en las simulaciones se les llamó a estas últimas como tornillería y al igual que en los costados, la sincronización de las áreas proveedoras a ensamble pedestal depende de las diferencias de tiempo entre llegadas de sus componentes.

Para medir la sincronización se tomó el plan de producción del mismo día que tomamos los datos para los costados, en el cual las cantidades solicitadas de ambos productos son iguales. Se tuvieron en cuenta las siguientes condiciones:

- En el plan de producción tomado se debía fabricar 253 unidades en el día.
- El tiempo disponible al día corresponde a 2 turnos de 8 horas a los cuales se les descuenta los tiempos de alimentación, reunión al inicio del turno y pausas activas.
- El área de carpintería empieza a fabricar las piezas requeridas para los pedestales al inicio de cada turno del ensamble pedestal (6:00 am y 2:00 pm).
- El área de metalmecánica funciona 3 turnos y le entrega los requerimientos de piezas metálicas a ensamble al inicio de cada turno (6:00 am y 2:00 pm).
- En los alistamientos de ensamble hay un solo operario para realizar la labor.

7.2.1 Escenario 1 real en pedestal. La metodología para la creación de este escenario fue igual a la empleada en los costados. Sin embargo, al tener tres proveedores diferentes este producto tiene mayor dificultad para sincronizarse que la otra familia de producto. Durante la toma de los tiempos, se observó que la pérdida de piezas provenientes de metalmecánica es más común porque tiene mayor cantidad de piezas de diferentes tamaños, por lo cual algunas pasan por todos los procesos hasta el alistamiento y otras piezas omiten los procesos de pintura y retoque. De hecho en algunas ocasiones vuelven a fabricar las piezas que les faltan porque se confunden con otras en la parte de consolidación.

Otra de las causas de demoras es que el software que tienen actualmente no está totalmente integrado a todos los procesos y los requerimientos de madera para los pedestales no llegan de manera electrónica al área de carpintería, sino que al inicio de cada jornada pasan manualmente los planos y las cantidades. Ello implica que el ensamble de los pedestales ocurra un poco después de lo planeado.

Con las causas de demoras mencionadas, se obtiene un total de un 44% de no sincronización en las llegadas de los materiales requeridos para ensamblar los pedestales. (Ver Tabla 30)

Tabla 30. Sincronización escenario 1 Pedestal

ESCENARIO 1: Real						
Pedido	cantidad de costados	Hora de llegada de tornillería al alistamiento	Hora de llegada de metal al alistamiento	Hora de llegada de madera al alistamiento	Causas de demoras	tiempo de espera por diferencias en llegadas Diferencia de llegada
1	20	06:27:48 a.m.	06:20:00 a.m.	06:56:36 a.m.	Pérdida de piezas metal	00:36:36
2	25	06:09:45 a.m.	06:00:00 a.m.	06:39:33 a.m.	n/a	00:39:33
3	30	06:11:42 a.m.	06:00:00 a.m.	06:42:30 a.m.	n/a	00:42:30
4	16	06:14:00 a.m.	06:00:00 a.m.	06:42:00 a.m.	n/a	00:42:00
5	34	06:13:16 a.m.	06:00:00 a.m.	06:44:52 a.m.	n/a	00:44:52
6	40	06:15:36 a.m.	06:45:00 a.m.	06:48:24 a.m.	Pérdida de piezas metal	00:03:24
7	20	06:07:48 a.m.	06:00:00 a.m.	06:36:36 a.m.	n/a	00:36:36
8	24	06:09:22 a.m.	06:00:00 a.m.	06:38:58 a.m.	n/a	00:38:58
9	21	06:08:12 a.m.	06:15:00 a.m.	06:37:12 a.m.	Pérdida de piezas metal	00:22:12
10	23	06:08:59 a.m.	06:00:00 a.m.	06:38:23 a.m.	n/a	00:38:23
Tiempo total de espera						5:45:04
cantidad total de costados						253
Tiempo de no sincronización por producto						00:01:22
Tiempo de funcionamiento						13:00:00
% No sincronización día						44%

Fuente: Autores

7.2.2 Escenario 2 esperado en pedestal. En este escenario únicamente se omitieron los tiempos de demoras no contempladas como la búsqueda de las piezas pequeñas en las áreas predecesoras a ensamble porque nos permite visualizar el valor real en el que está la sincronización bajo las condiciones actuales y con ello encontramos que los tiempos de llegadas de las partes necesarias para realizar el ensamble, no están sincronizadas en un 39%. (Ver Tabla 31)

Tabla 31. Sincronización escenario 2 Pedestal

ESCENARIO 2: Esperado						
Pedido	cantidad de costados	Hora de llegada de tornillería al alistamiento	Hora de llegada de metal al alistamiento	Hora de llegada de madera al alistamiento	Causas de demoras	tiempo de espera por diferencias en llegadas Diferencia de llegada
1	20	06:32:32 a.m.	06:00:00 a.m.	06:28:48 a.m.	n/a	00:32:32
2	25	06:07:45 a.m.	06:00:00 a.m.	06:29:48 a.m.	n/a	00:29:48
3	30	06:09:21 a.m.	06:00:00 a.m.	06:30:48 a.m.	n/a	00:30:48
4	16	06:14:00 a.m.	06:00:00 a.m.	06:28:00 a.m.	n/a	00:28:00
5	34	06:10:32 a.m.	06:00:00 a.m.	06:31:36 a.m.	n/a	00:31:36
6	40	06:15:36 a.m.	06:00:00 a.m.	06:32:48 a.m.	n/a	00:32:48
7	20	06:07:26 a.m.	06:00:00 a.m.	06:28:48 a.m.	n/a	00:28:48
8	24	06:07:29 a.m.	06:00:00 a.m.	06:29:36 a.m.	n/a	00:29:36
9	21	06:06:30 a.m.	06:00:00 a.m.	06:29:00 a.m.	n/a	00:29:00
10	23	06:07:08 a.m.	06:00:00 a.m.	06:29:24 a.m.	n/a	00:29:24
					Tiempo total de espera	5:02:20
					cantidad total de costados	253
					Tiempo de no sincronización por producto	00:01:12
					Tiempo de funcionamiento	13:00:00
					% No sincronización día	39%

Fuente: Autores

7.2.3 Escenario 3 propuesto en pedestal. El manejo de materiales puede representar un tiempo importante en la sincronización de las diversas áreas, pues los tiempos de carga, transporte y descarga pueden ser altos respecto al tiempo total de proceso hasta llegar al ensamble que es donde se ve la mayor diferencia de llegadas de las fuentes de piezas a ensamblar.

En este escenario se propone que todas las piezas que se traen de almacén ensamble como: rieles, cerradura, logo, tornillos y kit de lapicera, se traigan de manera simultánea en un carro tipo los de mercado pero diseñado acorde a las necesidades de estos materiales con el fin de reducir los tiempos de desplazamiento. Ya que actualmente el operario transporta en las manos de la siguiente manera:

1. Lleva los rieles
2. Lleva cerradura, logos y tonillos
3. Lleva los sobrepuentes
4. Lleva los kit de lapicera

Repitiendo dichos recorridos por cada 4 productos aproximadamente. Desplazamientos que pueden ser minimizados con esta alternativa y que permite disminuir la no sincronización a un 15%. (Ver Tabla 32)

En este escenario también se plantea que de la misma manera en que se programa la producción de piezas de metalmecánica, se haga con las piezas provenientes de carpintería, de tal manera que cuando la celda de ensamble pedestal inicie cada turno, ya se hayan fabricado las piezas de madera.

Tabla 32. Sincronización escenario 3 pedestal

ESCENARIO 3: Propuesto						
Pedido	cantidad de costados	Hora de llegada de tornillería al alistamiento	Hora de llegada de metal al alistamiento	Hora de llegada de madera al alistamiento	Causas de demoras	tiempo de espera por diferencias en llegadas Diferencia de llegada
1	20	06:32:32 a.m.	06:00:00 a.m.	06:00:00 a.m.	n/a	00:32:32
2	25	06:07:45 a.m.	06:00:00 a.m.	06:00:00 a.m.	n/a	00:07:45
3	30	06:09:21 a.m.	06:00:00 a.m.	06:00:00 a.m.	n/a	00:09:21
4	16	06:14:00 a.m.	06:00:00 a.m.	06:00:00 a.m.	n/a	00:14:00
5	34	06:10:32 a.m.	06:00:00 a.m.	06:00:00 a.m.	n/a	00:10:32
6	40	06:15:36 a.m.	06:00:00 a.m.	06:00:00 a.m.	n/a	00:15:36
7	20	06:07:26 a.m.	06:00:00 a.m.	06:00:00 a.m.	n/a	00:07:26
8	24	06:07:29 a.m.	06:00:00 a.m.	06:00:00 a.m.	n/a	00:07:29
9	21	06:06:30 a.m.	06:00:00 a.m.	06:00:00 a.m.	n/a	00:06:30
10	23	06:07:08 a.m.	06:00:00 a.m.	06:00:00 a.m.	n/a	00:07:08
					Tiempo total de espera	1:58:19
					cantidad total de costados	253
					Tiempo de no sincronización por producto	00:00:28
					Tiempo de funcionamiento	13:00:00
					% No sincronización día	15%

Fuente: Autores

8. OBSERVACIONES

Durante las visitas realizadas a la empresa se observó:

- Es común que en la actividad de alistamiento se incurra en tiempos adicionales por pérdida de piezas. Ello impacta en tiempos de desplazamiento y de reproceso.
- Al finalizar cada turno, se observa un ritmo de trabajo acelerado en las actividades de ensamble pedestal especialmente en empaque debido a los cuellos de botella en actividades predecesoras y por ello los operarios de otras actividades se desplazan a ayudar a empacar en cuanto terminan su labor.
- La celda de ensamble tanto de costados como de pedestal tienen poca visibilidad de lo que van a realizar. Solo se dan cuenta en el momento en que el operario del alistamiento recibe las piezas por parte de metalmecánica.
- Se evidencia Inventario insuficiente de algunas piezas del almacén de ensamble y ello implica que el operario deba desplazarse hasta la bodega de materia prima y esperar a que hagan el abastecimiento, lo cual demora 6 horas aproximadamente o ir personalmente que le toma 40 minutos aproximadamente.
- En promedio se hacen 20 desplazamientos hacia los mismos lugares en el día porque los operarios del alistamiento transportan las piezas que les caben en las manos.
- Aunque utilizan Oracle como software, la solicitud de piezas requeridas para pedestales se transmite a carpintería en formatos manuales.
- La mayoría de pérdidas de piezas de pedestales y costados ocurren en las que pasan de consolidación a alistamiento sin pasar por pintura porque se separan del resto del pedido y quedan sin tarjeta de identificación.
- En costados la tapa decorativa toma mucho tiempo porque se debe colocar con cuidado de no dañarla.

- En la actividad de instalar soporte de niveladores se realiza de una manera eficiente porque el operario tiene todo lo que requiere en su puesto de trabajo y solo debe desplazarse a la actividad anterior por una pieza.
- En pedestal, armar gavetas los tiempos de transporte se pueden minimizar mejorando la forma de transportarlos.
- Se observa distracción de los operarios cuando van a otra área de la planta en búsqueda de piezas faltantes.
- Debido a la diferencia de los tiempos de las actividades secuenciales se presenta WIP entre las estaciones de trabajo que obstruyen el paso en los pasillos y da una impresión de desorden en la planta.

9. RECOMENDACIONES

De acuerdo a las observaciones realizadas, a la información recopilada durante el estudio y con los resultados de las simulaciones, para mejorar la sincronización entre las actividades de la celda de ensamble se recomienda:

- Adecuar cada puesto con inventario de piezas pequeñas que requieran constantemente como: tornillos, tuercas, remaches para evitar desplazamientos.
- Adquirir carritos transportadores para las piezas como rieles, soportes y demás, de tal manera que se puedan llevar las piezas hasta alistamiento sin hacer varios recorridos.
- Distribuir las actividades de los operarios de acuerdo a un balanceo de línea y no de acuerdo a ensambles completos de cada parte.
- Iniciar los turnos de los alistamientos una hora antes de los otros turnos para iniciar las actividades de ensamble

También, de acuerdo a las observaciones realizadas y con los resultados de las simulaciones, para mejorar la sincronización en la llegada de las piezas a la celda de ensamble se recomienda:

- Programar la fabricación de piezas de madera un turno antes, tal como se hace con las piezas provenientes de metalmecánica para evitar esperas en el alistamiento.
- Revisar la capacidad de las celdas para programar los turnos con anticipación para evitar sub-utilización o sobre utilización de las celdas.

Adicional a las recomendaciones para mejorar la sincronización, durante las visitas realizadas, se observaron almacenamientos de producto en proceso y de producto terminado en los pasillos. Es por ello que se recomienda implementar 6's en los puestos de trabajo para tener una mejor imagen en los lugares de trabajo y en la planta en general. Además, realizar almacenamiento inmediato en bodega de producto terminado al finalizar empaque cuando ya se haya llenado cada estiba. No como se hace actualmente porque obstruye el pasillo y por ello la materia prima que va para carpintería debe hacer un recorrido de 85 metros adicionales tal como se mostró en el diagrama de la simulación.

10. CONCLUSIONES

Conclusiones del objetivo 1

- Lo que más consume tiempo en la fabricación de pedestales y costados son los transportes, 53% y 44.4% del tiempo de procesamiento respectivamente y por ende deben reducirse al ser una actividad que no genera valor.
- Se debe realizar un balanceo de línea tanto en la celda de ensamble de costados como en pedestales porque las diferencias en los tiempos de las actividades asignadas a los operarios generan cuellos de botella.

Conclusiones del objetivo 2

- La desincronización en costados actualmente es del 17%, del cual un 7% corresponde a problemas de trazabilidad de las piezas que dificulta su ubicación en algunas partes del proceso.
- La desincronización en pedestales es del 44%, del cual un 5% corresponde a que no se programa la fabricación de piezas de madera para este producto con anterioridad.

Conclusiones del objetivo 3

- Con una programación anticipada, visualización de los programas por parte de las áreas y con manejo de materiales se puede lograr una sincronización en las llegadas de pedestales de un 85% y en costados del 97%.
- En las actividades de costados la desincronización está dada en un 50% debido a las diferencias de tiempos entre las actividades y por ende la poca fluidez del proceso. Pero con los balanceos se puede llegar al 12%, con el manejo de materiales al 43% y con ambas opciones baja al 4%. Se lograría una sincronización del 96%.
- En las actividades de pedestales la desincronización está dada en un 21% debido a las diferencias de tiempos entre las actividades y por ende la poca fluidez del proceso. Pero con los balanceos se puede llegar a un 13%, con el manejo de materiales a un 16% y con ambas opciones baja a un 9%. Se lograría una sincronización del 91%.

BIBLIOGRAFÍA

DANE. Guía para Diseño, Construcción e Interpretación de Indicadores. Estrategia para el Fortalecimiento Estadístico Territorial.

ELMARAGHY H.A. y MANNS M.. International Journal of Production Research. Synchronisation of inter-arrival times in manufacturing systems with main and side loops. Vol. 47, no. 7. Canada, Taylor & Francis Group, 2009.

KOULOURIOTIS D.E., XANTHOPOULOS A.S. y TOURASSIS V.D.. International Journal of Production Research. Simulation optimisation of pull control policies for serial manufacturing lines and assembly manufacturing systems using genetic algorithms. Vol. 48, no. 10. Greece, Taylor & Francis Group, 2010.

RIVERA Leonardo, GUERRERO jairo, TANURA Meir, HURTADO Ana M., MEDINA Marcela.. Evaluating the conflicts created by operational performance indicators. Cali, Universidad Icesi.

SUÑÉ TORRENTS Albert, GIL VIDAL Francisco, ARCUSA POSTILS, Ignasi. *Manual práctico de diseño de sistemas productivos*. Madrid; Dáz de Santos, S.A., 2004. ISBN 8479786426.

UMBLE M. Michael y SRIKANTH Mokshagundam L.. *Manufactura Sincrónica*. . México : Continental, S.A. de C.v., 1995. ISBN 9682612624.

VERGARA PORTELA Roberto. *Avances Investigación Ingeniería. La planeación y programación de la producción en la pyme como factor de desarrollo*. no. 6. Cali, Universidad Libre, 2007.

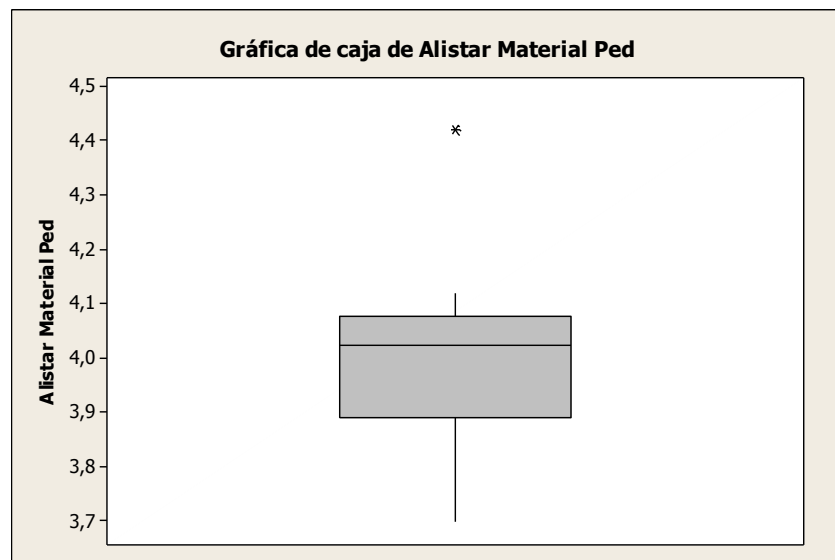
Anexo B. Análisis de datos pedestal

- Actividad alistar material

Datos obtenidos

3,97	4,08	4,05	4,42	4
3,88	4,03	4,12	3,83	4,05
4,08	3,83	4,02	4,1	3,92
3,7	4,07	3,87	3,92	4,03

Gráfico de caja de bigotes

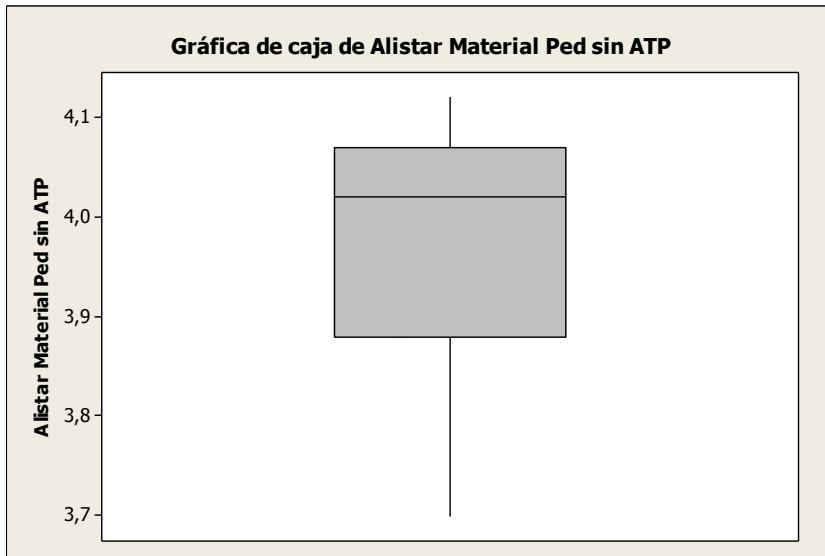


- Actividad alistar material sin atípicos

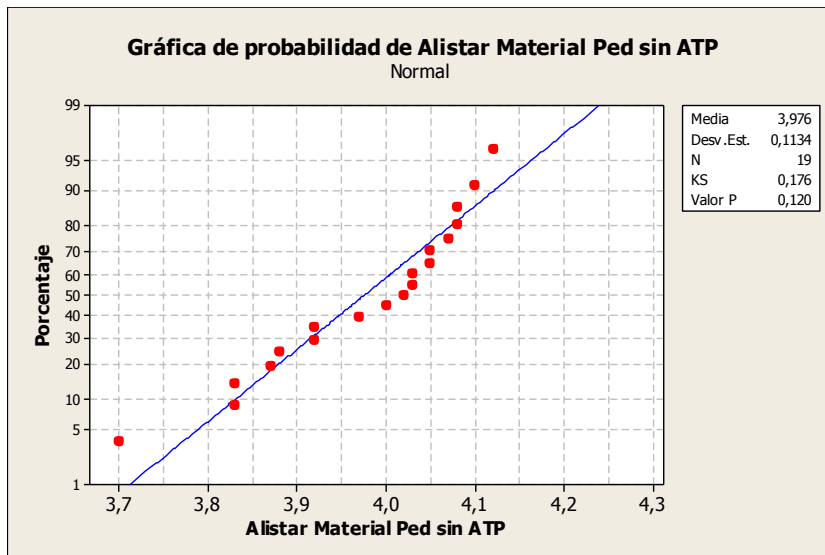
Datos sin atípicos

3,97	4,08	4,05	4	3,88
4,03	4,12	3,83	4,05	4,08
3,83	4,02	4,1	3,92	3,7
4,07	3,87	3,92	4,03	

Gráfico de caja de bigotes



Test de normalidad de los datos

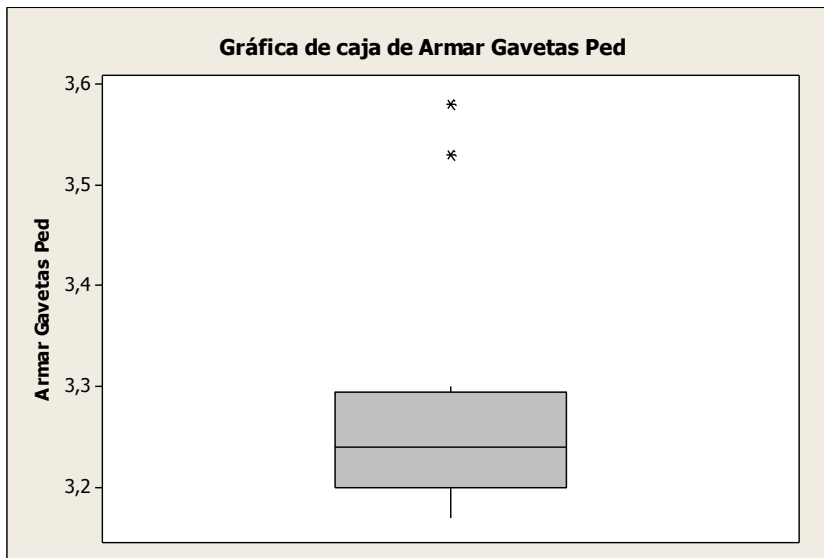


- Actividad armar gavetas

Datos obtenidos

3,2	3,23	3,58	3,3	3,28
3,23	3,3	3,18	3,27	3,25
3,17	3,3	3,28	3,23	3,17
3,53	3,2	3,17	3,23	3,25

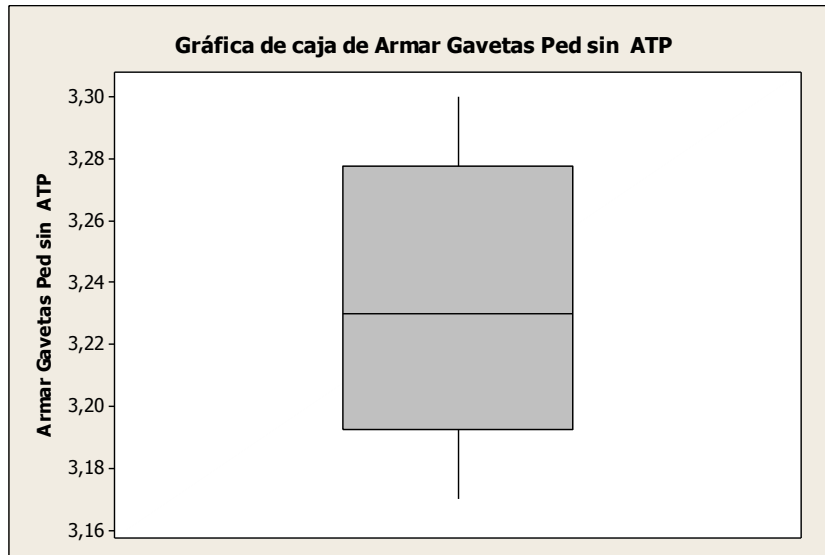
Gráfico de caja de bigotes



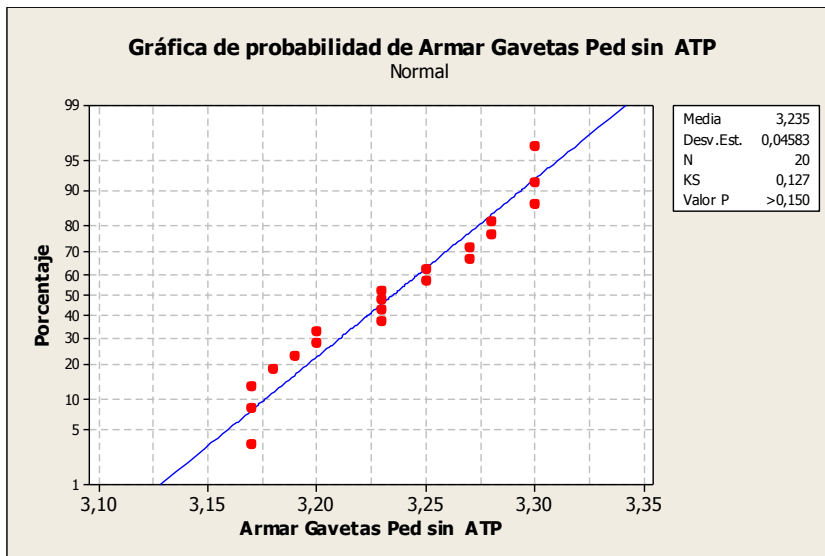
Datos sin atípicos

3,2	3,23	3,27	3,3	3,28
3,23	3,3	3,18	3,27	3,25
3,17	3,3	3,28	3,23	3,17
3,19	3,2	3,17	3,23	3,25

Gráfico de caja de bigotes



Test normalidad de los datos

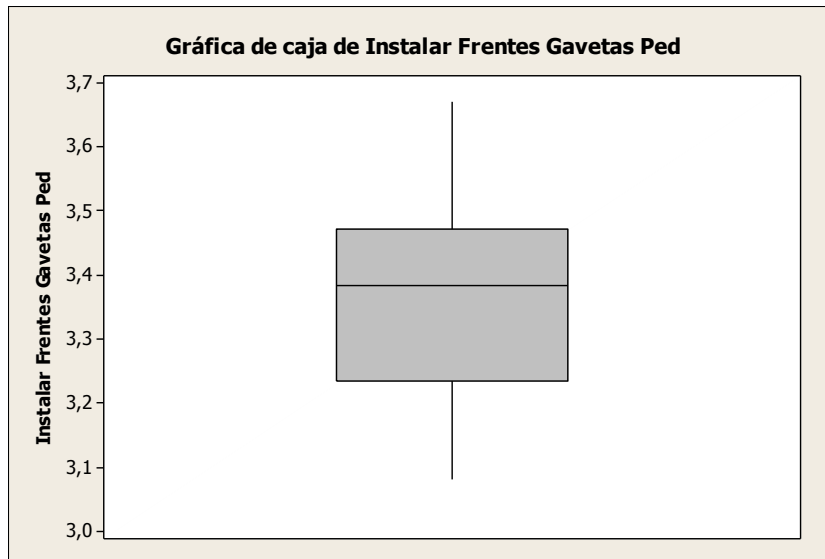


- Actividad instalar frente a gavetas

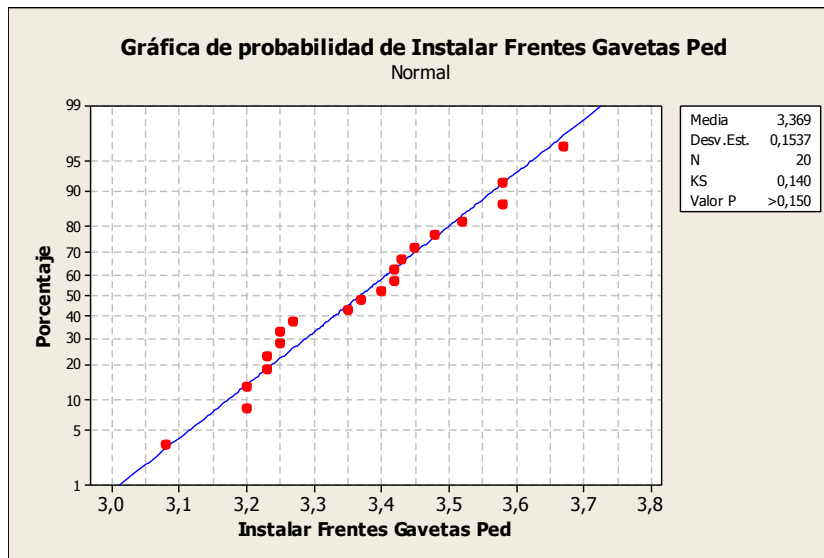
Datos obtenidos

3,58	3,25	3,25	3,23	3,2
3,43	3,58	3,58	3,52	3,23
3,2	3,42	3,42	3,35	3,48
3,25	3,4	3,4	3,08	3,67

Gráfica de caja de bigotes



Test de normalidad de los datos

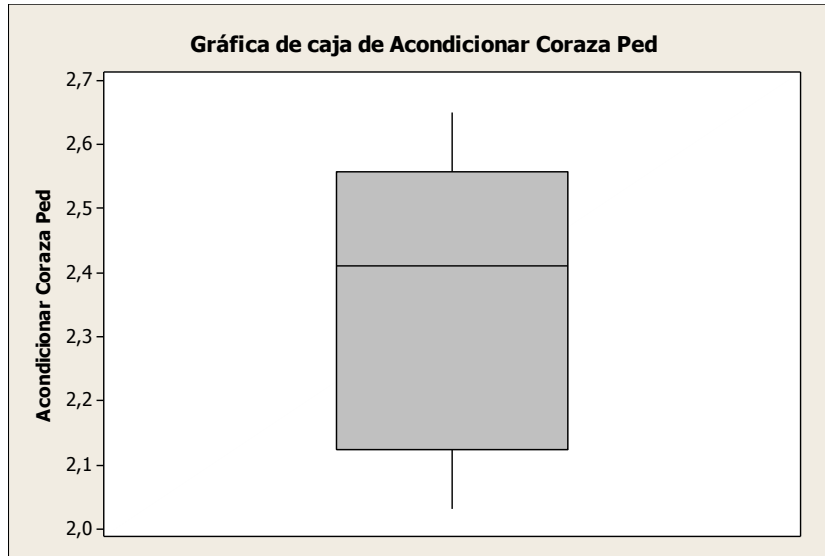


- Actividad Acondicionar Coraza

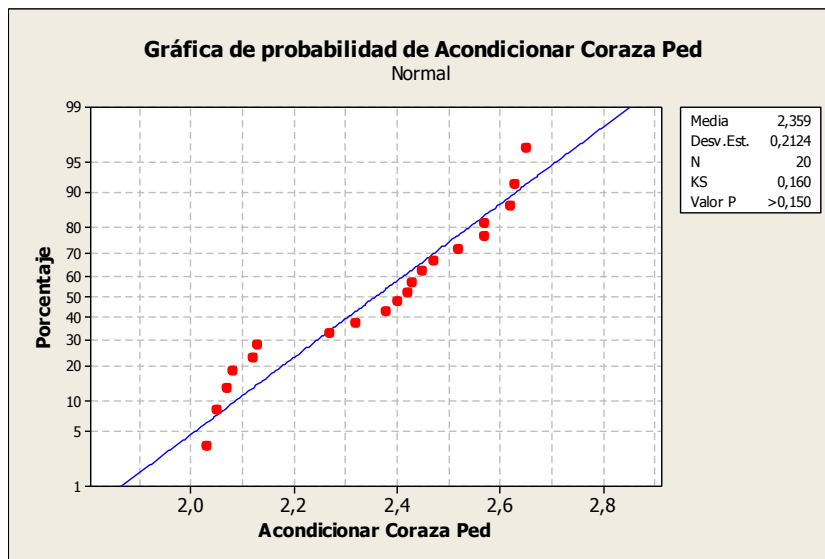
Datos obtenidos

2,45	2,07	2,08	2,52	2,03
2,32	2,4	2,57	2,38	2,13
2,12	2,63	2,42	2,65	2,57
2,05	2,62	2,43	2,27	2,47

Gráfico de caja de bigotes



Test de normalidad de los datos

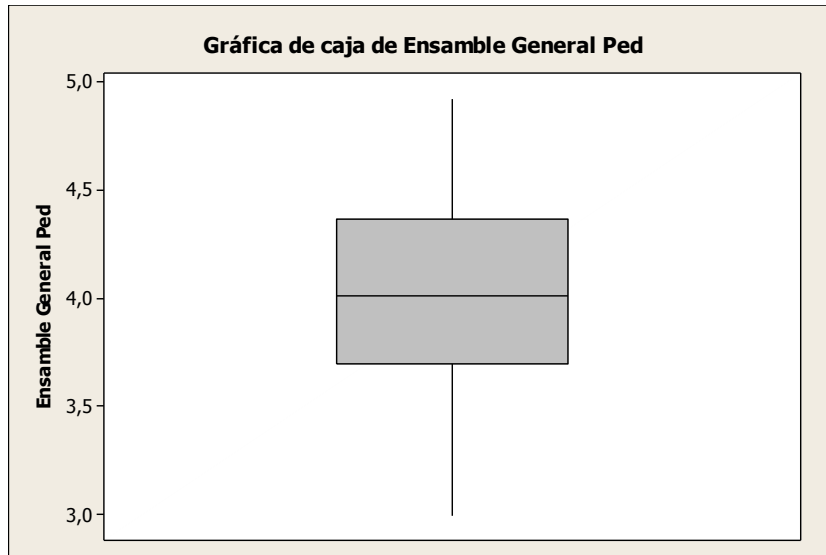


- Actividad Ensamble General

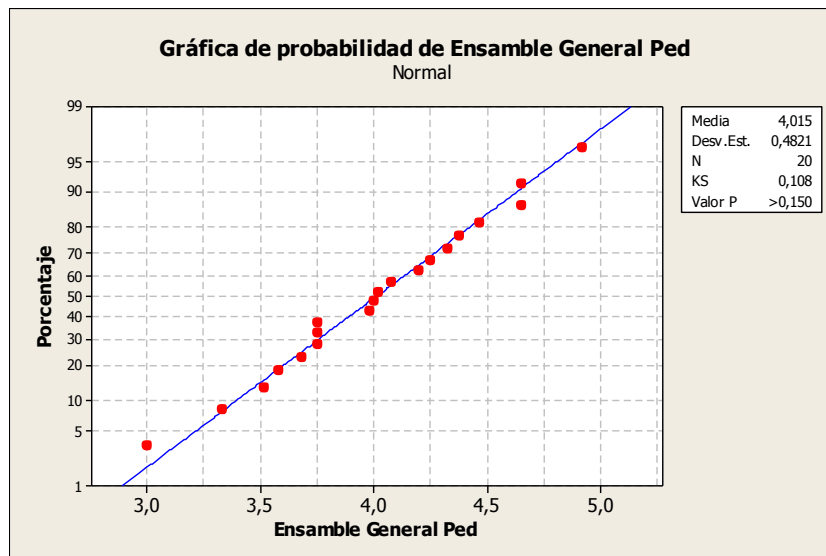
Datos obtenidos

4,25	3,58	4,92	4,38	3,98
4,65	4,02	3	3,75	3,33
3,68	4,65	4,47	3,52	4
4,2	3,75	4,33	3,75	4,08

Gráfico de caja de bigotes



Test de normalidad de los datos

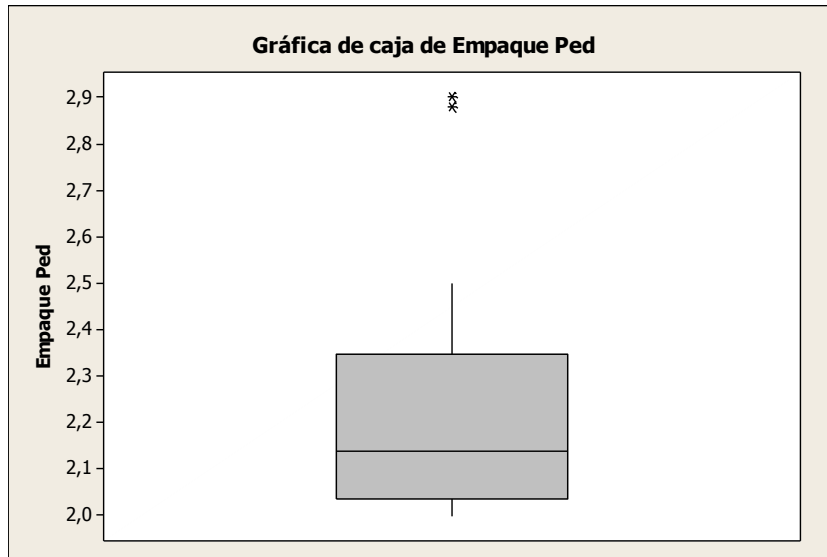


- Actividad Empaque

Datos obtenidos

2,15	2,03	2,02	2,08	2,88
2	2,25	2,38	2	2,5
2,9	2,12	2	2,13	2,4
2,25	2,15	2,05	2,1	2,17

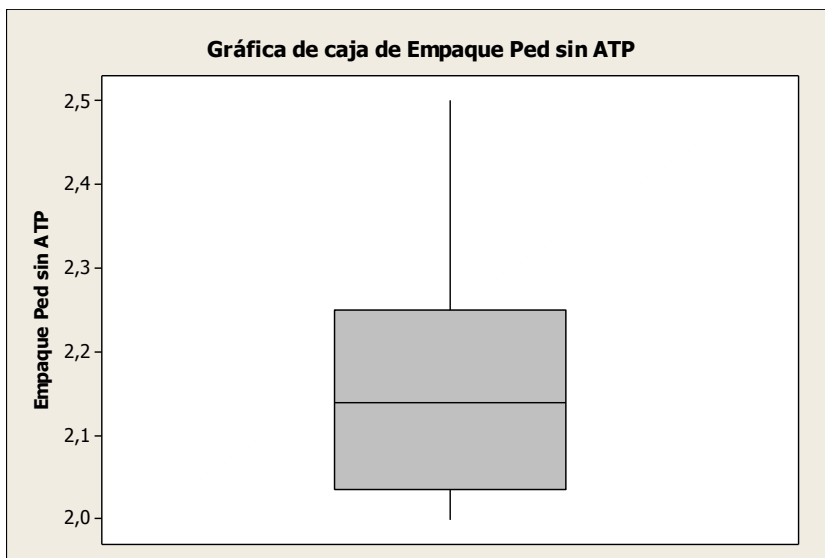
Gráfico de caja de bigotes



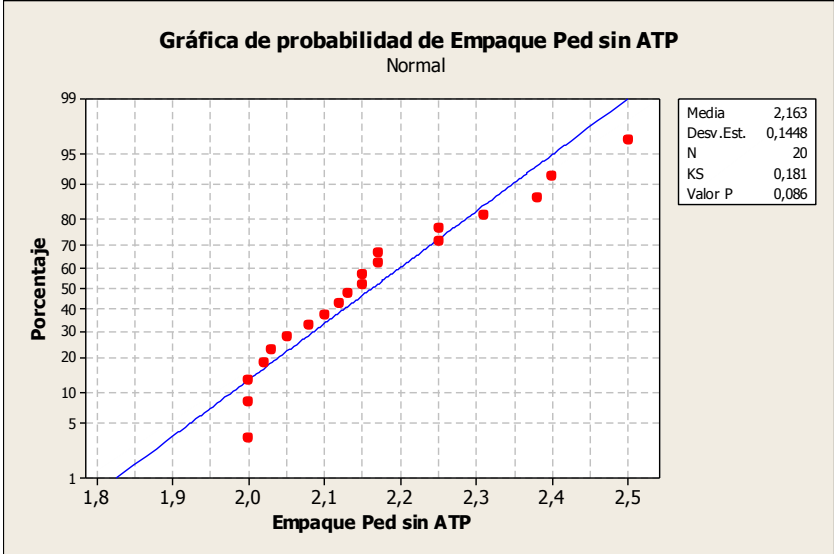
Datos sin atípicos

2,15	2,03	2,02	2,08	2,17
2	2,25	2,38	2	2,5
2,31	2,12	2	2,13	2,4
2,25	2,15	2,05	2,1	2,17

Gráfico de caja de bigotes



Test de normalidad de los datos



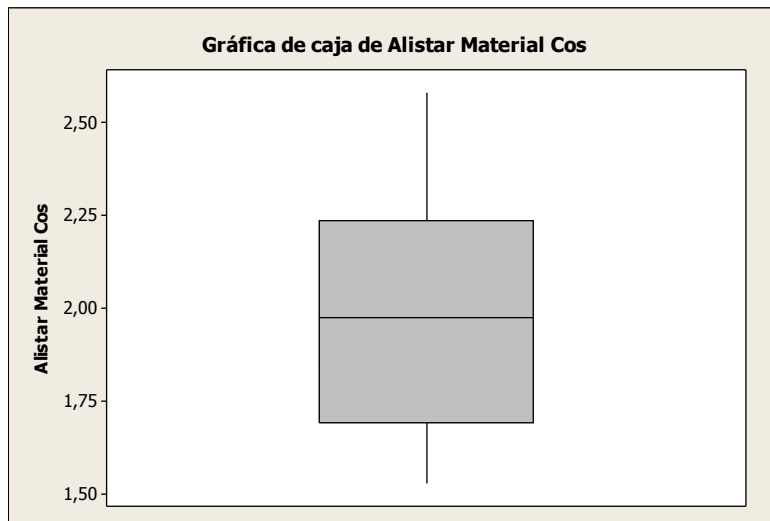
Anexo C. Análisis de datos costado

- Actividad Alistar Material

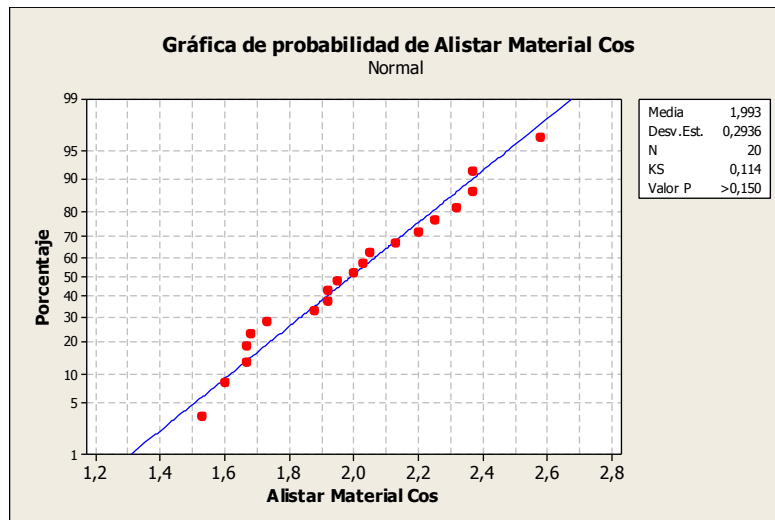
Datos obtenidos

1,92	1,88	1,68	2,03	2
2,37	2,13	1,95	2,05	1,67
1,73	2,2	2,37	1,67	2,32
1,92	2,58	1,6	2,25	1,53

Gráfico de caja de bigotes



Test de normalidad de los datos

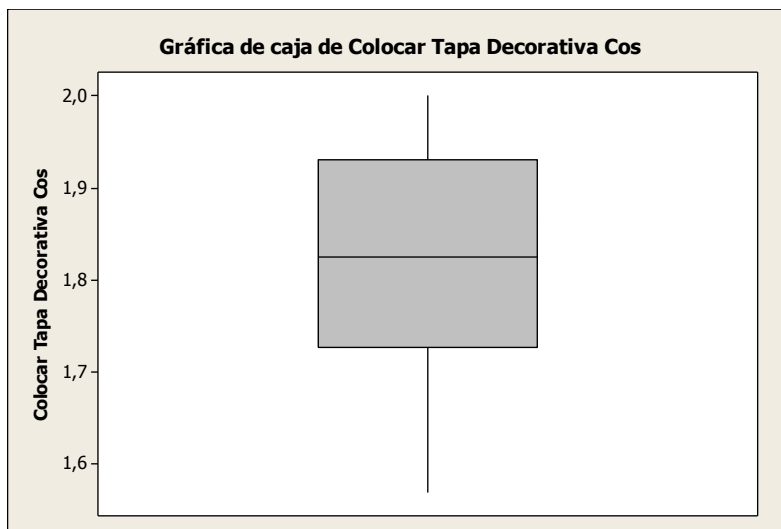


- Actividad Colocar tapa decorativa

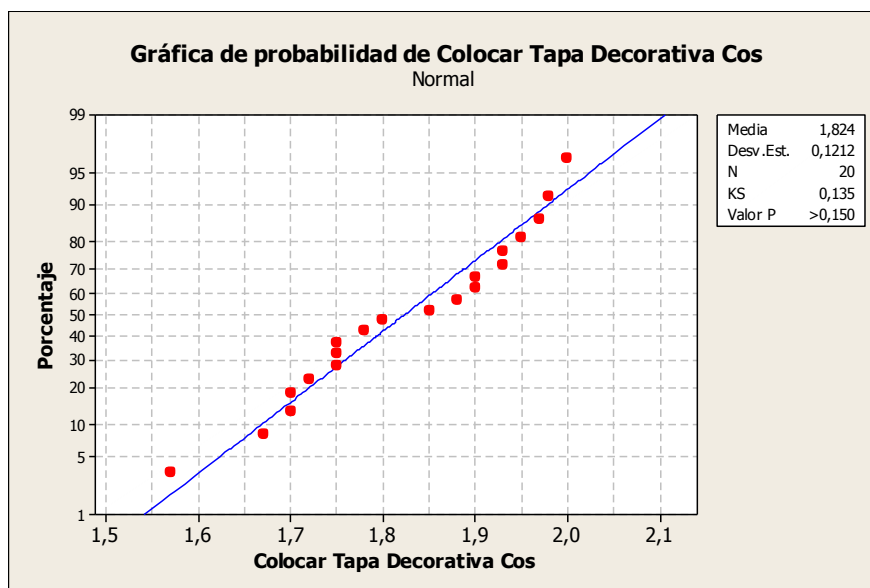
Datos obtenidos

1,57	1,7	1,93	1,78	2
1,75	1,98	1,9	1,93	1,85
1,88	1,75	1,9	1,97	1,72
1,67	1,8	1,7	1,75	1,95

Gráfico de caja de bigotes



Test de normalidad de los datos

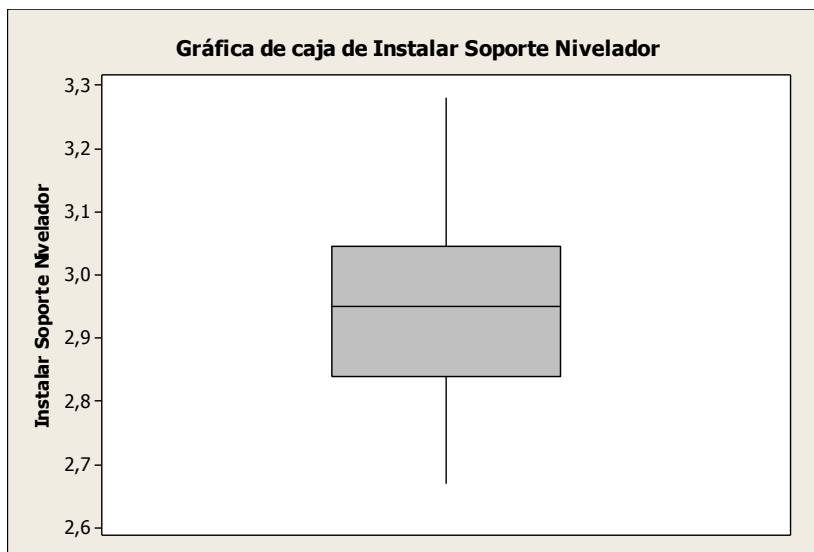


- Actividad soporte nivelador

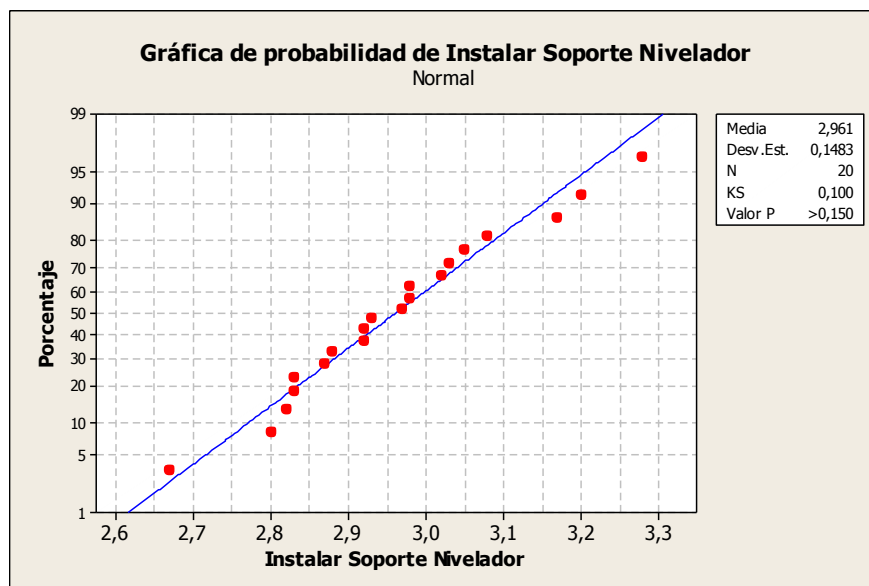
Datos obtenidos

3,02	2,98	2,88	3,05	3,2
2,92	2,97	3,08	2,83	2,93
2,82	2,83	2,98	2,8	2,87
3,17	2,92	3,03	2,67	3,28

Gráfico de caja de bigotes



Test de normalidad de los datos

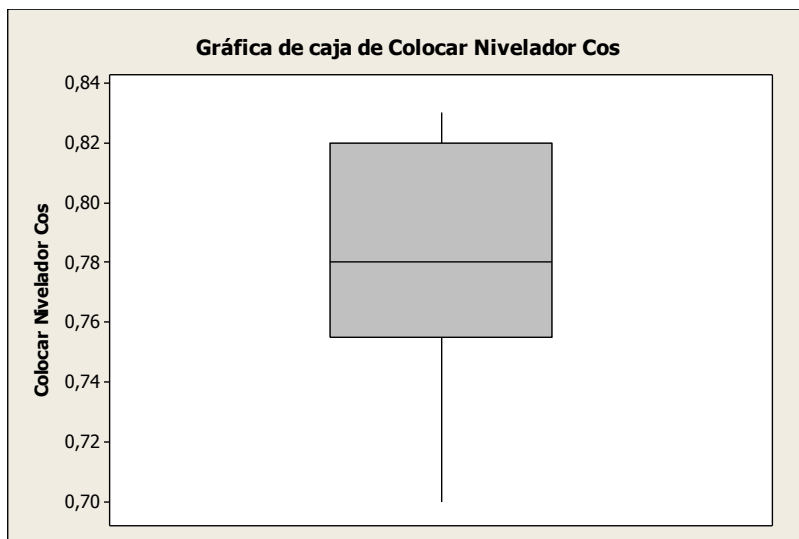


- Actividad colocar nivelador

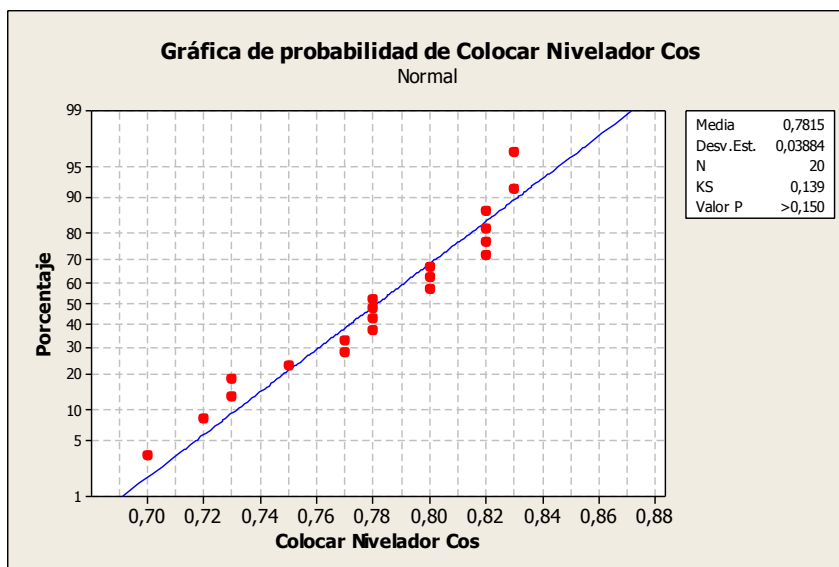
Datos obtenidos

0,83	0,73	0,83	0,78	0,82
0,77	0,73	0,82	0,8	0,78
0,8	0,82	0,8	0,78	0,75
0,72	0,77	0,82	0,78	0,7

Gráfico de caja de bigotes



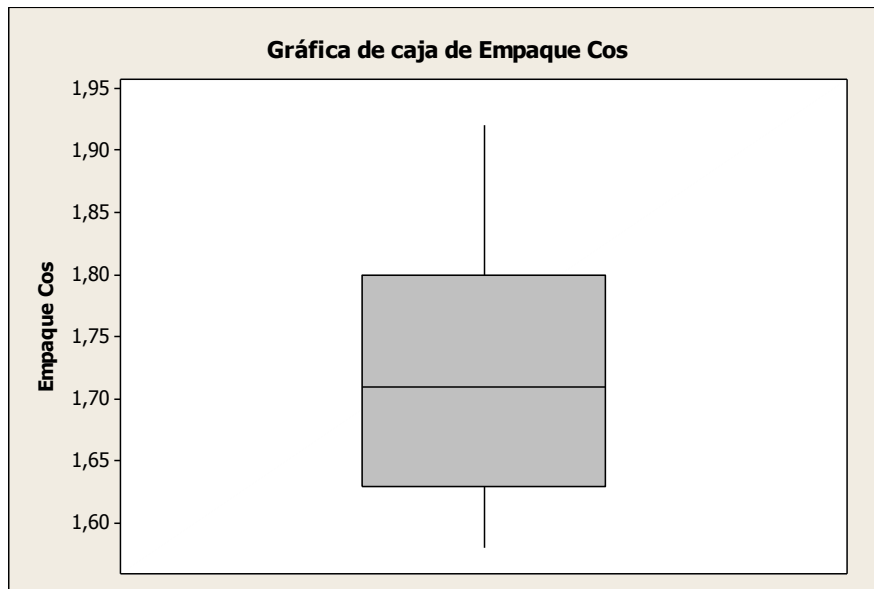
Test de normalidad de los datos



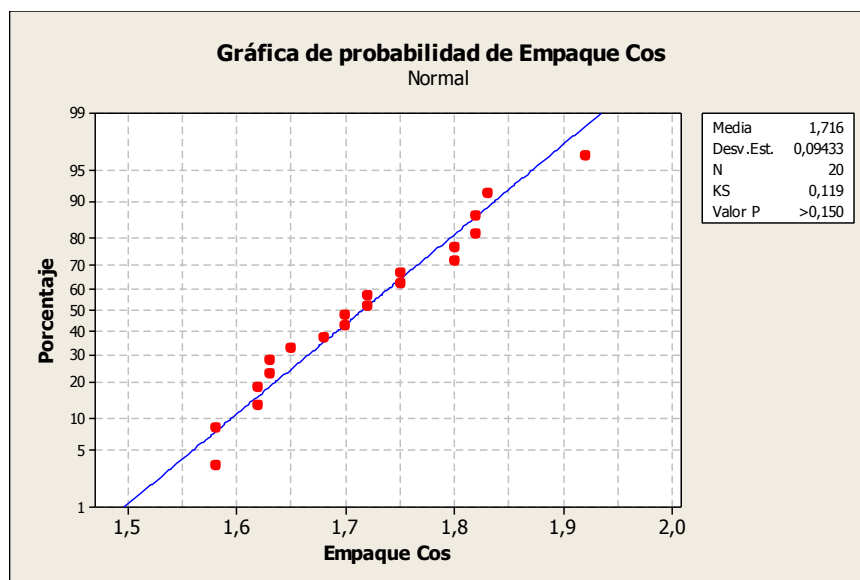
- Actividad de empaque

1,83	1,8	1,72	1,75	1,58
1,62	1,82	1,62	1,75	1,63
1,68	1,7	1,82	1,65	1,7
1,8	1,58	1,72	1,63	1,92

Gráfico de caja de bigotes



Test de normalidad de los datos



Anexo D. Código del modelo

```

*****
*
*
*           Formatted Listing of Model:
*
*   F:\SIMULACION\SIMULACION DISTRIBUCION NORMAL\simulacion
Nov 14 V7.MOD      *
*
*
*****
*****

Time Units:           Minutes
Distance Units:      Meters
Termination Logic:   Porcentaje_espera_cos =
(Acum_espera_alist_cos + Acum_act1_cos + Acum_act2_cos +
Acum_act3_cos + Acum_act4_cos) / t_op_celd_cos

Porcentaje_espera_ped =
(Acum_espera_alist_ped + Acum_act1_ped + Acum_act2_ped +
Acum_act3_ped + Acum_act4_ped + Acum_act5_ped) /
t_op_celd_ped

t_promedio_esp_madera =
(tt_esp_madera / cant_ped) / 60
t_promedio_esp_tornillo
= (tt_esp_tornillo / (cant_cost + cant_ped))/60

*****
*****
*
*           Locations
*
*
*****
*****

Name           Cap      Units Stats      Rules
Cost
-----
Metalmeccanica  40       1      Time Series Oldest, ,
Preconsolidacion 300      1      Time Series Oldest, ,
Consolidacion   300      1      Time Series Oldest, ,
Pintura         300      1      Time Series Oldest, ,
temp_retoque    200      1      Time Series Oldest, ,
Retoque        1         1      Time Series Oldest, ,
Alistamiento_pedestal 1         1      Time Series Oldest, ,
Alistamiento_costado 1         1      Time Series Oldest, ,
Almacen_ensamble 1000     1      Time Series Oldest, ,
Cos_Actividad_1 1         1      Time Series Oldest, ,

```

```

Cos_Actividad_2      1      1      Time Series Oldest, ,
Cos_Actividad_3      1      1      Time Series Oldest, ,
Cos_Actividad_4      1      1      Time Series Oldest, ,
Ped_Actividad_1      1      1      Time Series Oldest, ,
Ped_Actividad_2      1      1      Time Series Oldest, ,
Ped_Actividad_3      1      1      Time Series Oldest, ,
Ped_Actividad_4      1      1      Time Series Oldest, ,
Ped_Actividad_5      1      1      Time Series Oldest, ,
Carpinteria          160    1      Time Series Oldest, ,
Almacen_Mp           INF     1      Time Series Oldest, ,
Almacen_Pt           INF     1      Time Series Oldest, ,
Oficinas             inf     1      Time Series Oldest, ,
z_espera             INF     1      Time Series Oldest, ,
TEMP_ENS_PED         inf     1      Time Series Oldest, ,
First
TEMP_ENS_COS         inf     1      Time Series Oldest, ,
First
TEMP_COMBINADO       INFINITE 1      Time Series Oldest, ,
TEMP_PED_2           1      1      Time Series Oldest, ,
Loc1                 100    1      Time Series Oldest, ,
Loc2                 100    1      Time Series Oldest, ,
Loc3                 100    1      Time Series Oldest, ,
TEMP_CARPINTERIA     INF     1      Time Series Oldest, ,
temp_metalmechanica 300    1      Time Series Oldest, ,
FIFO,
cp_1                 10     1      Time Series Oldest, ,
cp_2                 10     1      Time Series Oldest, ,
cp_3                 10     1      Time Series Oldest, ,
cp_4                 10     1      Time Series Oldest, ,
cc_1                 10     1      Time Series Oldest, ,
cc_2                 10     1      Time Series Oldest, ,
cc_3                 10     1      Time Series Oldest, ,
cc_4                 10     1      Time Series Oldest, ,
cp_5                 10     1      Time Series Oldest, ,
temp_metal           inf     1      Time Series Oldest, ,
temp_madera          inf     1      Time Series Oldest, ,

```

```

*****
*****
*                               Entities
*
*****
*****

```

Name	Speed (mpm)	Stats	Cost
Mp_metal	50	Time Series	
LMC	50	Time Series	
Mp_tornilleria	50	Time Series	
Mp_madera	50	Time Series	
Pedido	50	Time Series	

Costado	50	Time Series
Pedestal	50	Time Series
PT_pedestal	50	Time Series
PT_costado	50	Time Series
Combinado	50	Time Series

```
*****
*****
*
*                               Path Networks
*
*****
*****
```

Name	BI	Dist/Time	Type	T/S	From
To			Speed	Factor	
<u>Net_montacarga_metal</u>			Passing	Speed & Distance	N1
N2	Bi	16	1		
<u>Net_metal_proceso</u>			Passing	Speed & Distance	N1
N2	Bi	13	1		
<u>Net_montacarga_madera</u>			Passing	Speed & Distance	N1
N2	Bi	260.14	1		
<u>Net_alist_madera</u>			Passing	Speed & Distance	N1
N2	Bi	44.14	1		

```
*****
*****
*
*                               Interfaces
*
*****
*****
```

Net	Node	Location
<u>Net_montacarga_metal</u>	N1	temp_metal
	N2	<u>Metalmechanica</u>
<u>Net_metal_proceso</u>	N1	<u>Preconsolidacion</u>
	N2	<u>temp_metalmechanica</u>
<u>Net_montacarga_madera</u>	N1	<u>temp_madera</u>
	N2	TEMP_CARPINTERIA
<u>Net_alist_madera</u>	N1	Carpinteria
	N2	TEMP_ENS_PED

```

*****
*
*
*****
*****

```

Resources

Name	Units	Stats	Res Search	Ent Search	Path
Motion	Cost				
-----	-----	-----	-----	-----	-----
Montacarga_metal	1	By Unit	Closest	Oldest	
Net_montacarga_metal	Empty: 200	mpm			Home: N1
Full: 133	mpm				(Return)

Pickup: 900 Seconds

Deposit: 600 Seconds

Metal_Proceso	1	By Unit	Closest	Oldest	
Net_metal_proceso	Empty: 70	mpm			Home: N1
Full: 50	mpm				(Return)

Montacarga_madera	1	By Unit	Closest	Oldest	
Net_montacarga_madera	Empty: 200	mpm			Home: N1
Full: 133	mpm				

Alist_madera	1	By Unit	Closest	Oldest	
Net_alist_madera	Empty: 70	mpm			Home: N1
Full: 50	mpm				(Return)

```

*****
*****
*
*
*****
*****

```

Processing

Process

Routing

Entity	Location	Operation	Move
Blk Output	Destination	Rule	
Logic			

```

-----
-----
-----
Pedido      Oficinas      cantidad_pedido =
Cant_producir()

Mp_metal TO temp_metal      SEND cantidad_pedido

Pedido      z_espera      FIRST 1      1
cant = cantidad_pedido

Pedido      z_espera      1
Pedido      Almacen_Pt      JOIN 1
Mp_metal    Almacen_Mp      1
Mp_metal    temp_metal      SEND 1

Mp_metal    temp_metal      cantidad_pedido = cant
GROUP cantidad_pedido

Mp_metal    temp_metal      1
Mp_metal    Metalmeccanica  FIRST 1      MOVE WITH
Montacarga_metal THEN FREE

Mp_metal    Metalmeccanica  UNGROUP

Mp_metal    Metalmeccanica  ACCUM cantidad_pedido

Tipo_Producto()      tipo_pedido =

IF tipo_grupo = 1 THEN
{
      WAIT
(3.2 * cantidad_pedido)
}
ELSE
{

```

```

= 2 THEN
    WAIT (3 * cantidad_pedido)

    IF tipo_grupo
        {
            ELSE
            {
                WAIT (3.2 * cantidad_pedido)
            }
        }
    }

Mp_metal      temp_metalmecanica
Mp_metal      temp_metalmecanica
+1)
Mp_madera TO temp_madera
Mp_tornilleria TO TEMP_ENS_PED

FIRST 1
IF tipo_pedido = 1 THEN
{
    ACCUM cantidad_pedido
    GRAPHIC (tipo_pedido
    SEND cantidad_pedido
    SEND cantidad_pedido
}
ELSE
{
    IF
    {
tipo_pedido = 2 THEN

    ACCUM cantidad_pedido
    GRAPHIC (tipo_pedido+1)
    SEND cantidad_pedido Mp_tornilleria TO TEMP_ENS_COS

```

```

}
ELSE
{
    ACCUM cantidad_pedido
    GRAPHIC (tipo_pedido+1)
    SEND (cantidad_pedido/2) Mp_madera TO temp_madera
    SEND (cantidad_pedido/2) Mp_tornilleria TO
TEMP_ENS_PED
    SEND (cantidad_pedido/2) Mp_tornilleria TO
TEMP_ENS_COS
}
}

Mp_metal      Preconsolidacion      FIRST 1      cant_mad = 1
cantidad_pedido

MOVE WITH Metal_Proceso THEN FREE

Mp_metal      Preconsolidacion      IF tipo_pedido = 1 THEN
{
    ACCUM cantidad_pedido
}
ELSE
{
    IF
    {
        ACCUM cantidad_pedido
    }
    ELSE
    {
        ACCUM cantidad_pedido
    }
}
}

```



```

ELSE
}
{
ACCUM cantidad_pedido
}

}

WAIT 1.5 HR

Mp_metal      temp_retoque      FIRST 1      1
Mp_metal      temp_retoque      ACCUM cantidad_pedido 1
Mp_metal      Retoque           FIRST 1
Mp_metal      Retoque           IF
(CONTENTS(Almacen_ensamble, Mp_tornilleria))<= 40 THEN
{
ORDER 100
Mp_tornilleria TO Almacen_ensamble
}
WAIT 5
ROUTE tipo_pedido

Mp_metal      TEMP_ENS_PED      FIRST 1      1
Mp_metal      TEMP_ENS_COS      FIRST 1      2
Mp_metal      TEMP_COMBINADO    FIRST 1      3
Mp_metal      TEMP_COMBINADO    ACCUM cantidad_pedido 1
Mp_metal      TEMP_ENS_PED      0.500000 1
Mp_metal      TEMP_ENS_COS      0.500000
Mp_metal      TEMP_ENS_PED      t_in_metal = CLOCK(MIN)

WAIT UNTIL
((CONTENTS(TEMP_ENS_PED, Mp_tornilleria) >= 1) AND
(CONTENTS(TEMP_ENS_PED, Mp_madera) >= 1))

```

```

ent_torn
t_in_madera = ent_mad
t_in_tornillo =

Mp_metal      Alistamiento_pedestal FIRST 1      t_esp_madera
= t_in_metal - t_in_madera
tt_esp_madera = tt_esp_madera + t_esp_madera

t_esp_tornillo = t_in_metal - t_in_tornillo
tt_esp_tornillo = tt_esp_tornillo + t_esp_tornillo

tipo_ensamble_ped = tipo_pedido
cant_ensamble_ped = cantidad_pedido
Mp_metal      Alistamiento_pedestal
JOIN 1 Mp_tornilleria
JOIN 1 Mp_madera
WAIT N(3.976, 0.1134)

t_out_alis_ped =
CLOCK(min)

Pedestal      Ped_Actividad_1      FIRST 1      1
cantidad_pedido = cant_ensamble_ped
tipo_pedido = tipo_ensamble_ped
MOVE FOR 0.22 MIN

```

Mp_madera	Almacen_Mp				1
Mp_madera	temp_madera	SEND	1		
Mp_madera	temp_madera	cantidad_pedido =			
cant_mad		GROUP	cantidad_pedido		
Mp_madera	temp_madera				1
Mp_madera	TEMP_CARPINTERIA	FIRST	1	MOVE WITH	
Montacarga_madera	THEN FREE				
Mp_madera	TEMP_CARPINTERIA	ungroup			
Mp_madera	TEMP_CARPINTERIA				1
Mp_madera	Carpinteria	FIRST	1		
Mp_madera	Carpinteria	WAIT	35 MIN		
Mp_madera	TEMP_ENS_PED				1
Alist_madera	THEN FREE	FIRST	1	MOVE WITH	
Mp_madera	TEMP_ENS_PED	t_in_madera =			
CLOCK(min)					
Mp_madera	Alistamiento_pedestal	JOIN	1	ent_mad =	1
t_in_madera					
Mp_tornilleria	Almacen_ensamble				1
Mp_tornilleria	TEMP_ENS_PED	SEND	1		
Mp_tornilleria	TEMP_ENS_COS	SEND			
Mp_tornilleria	TEMP_ENS_PED	t_in_tornillo =			
CLOCK(min)					
Mp_tornilleria	Alistamiento_pedestal	JOIN	1	ent_torn =	1
t_in_tornillo					
Mp_tornilleria	TEMP_ENS_COS	t_in_tornillo =			
CLOCK(min)					
Mp_tornilleria	Alistamiento_costado	JOIN	1	ent_torn =	1
t_in_tornillo					
cantidad_pedido =	cant_ensamble_cos				
tipo_pedido =	tipo_ensamble_cos				
Pedestal	Ped_Actividad_1	t_in_act1_ped =			
CLOCK(MIN)					

			<u>t_espera_alist_ped =</u>	
		<u>t_in_act1_ped - t_out_alis_ped</u>		
			<u>Acum_espera_alist_ped =</u>	
		<u>Acum_espera_alist_ped + t_espera_alist_ped</u>		
			WAIT N(3.235, 0.04583)	
				1
Pedestal	cp_1	FIRST 1		
Pedestal	cp_1	<u>t_out_act1_ped =</u>		
CLOCK(MIN)				
				1
Pedestal	<u>Ped_Actividad_2</u>	FIRST 1	MOVE FOR 0.2	
MIN				
Pedestal	<u>Ped_Actividad_2</u>	<u>t_in_act2_ped =</u>		
CLOCK(MIN)				
			<u>t_espera_act1_ped =</u>	
		<u>t_in_act2_ped - t_out_act1_ped</u>		
		<u>Acum_act1_ped =</u>		
		<u>Acum_act1_ped + t_espera_act1_ped</u>		
			WAIT N(3.369, 0.1537)	
				1
Pedestal	cp_2	FIRST 1		
Pedestal	cp_2	<u>t_out_act2_ped =</u>		
CLOCK(MIN)				
				1
Pedestal	<u>Ped_Actividad_3</u>	FIRST 1	MOVE FOR	
0.18 MIN				
Pedestal	<u>Ped_Actividad_3</u>	<u>t_in_act3_ped =</u>		
CLOCK(MIN)				
			<u>t_espera_act2_ped =</u>	
		<u>t_in_act3_ped - t_out_act2_ped</u>		
		<u>Acum_act2_ped =</u>		
		<u>Acum_act2_ped + t_espera_act2_ped</u>		

```

                                                                    WAIT N(2.359, 0.2124)

                                                                    1
Pedestal          cp_3          FIRST 1
Pedestal          cp_3          t_out_act3_ped =
CLOCK(MIN)

                                                                    1
Pedestal          Ped_Actividad_4 FIRST 1    MOVE FOR 0.2
MIN

Pedestal          Ped_Actividad_4 t_in_act4_ped =
CLOCK(MIN)

t_in_act4_ped - t_out_act3_ped      t_espera_act3_ped =
Acum_act3_ped + t_espera_act3_ped  Acum_act3_ped =

                                                                    WAIT N(4.015, 0.4821)

                                                                    1
Pedestal          cp_4          FIRST 1
Pedestal          cp_4          t_out_act4_ped =
CLOCK(MIN)

                                                                    1
Pedestal          Ped_Actividad_5 FIRST 1    MOVE FOR 0.2
MIN

Pedestal          Ped_Actividad_5 t_in_act5_ped =
CLOCK(MIN)

t_in_act5_ped - t_out_act4_ped      t_espera_act4_ped =
Acum_act4_ped + t_espera_act4_ped  Acum_act4_ped =

                                                                    WAIT N(2.163, 0.1448)

                                                                    1
Pedestal          cp_5          FIRST 1
Pedestal          cp_5          t_out_act5_ped =
CLOCK(MIN)

```

```

t_op_celd_ped + (t_out_act5_ped - t_in_act1_ped)
t_op_celd_ped =

IF tipo_pedido = 1 THEN
{
ROUTE 1
}
ELSE
{
ROUTE 2
}

cant_ped = cant_ped + 1
1
Pedestal Loc1 FIRST 1 MOVE FOR 0.2
MIN

2
Pedestal Loc3 FIRST 1
tipo_ped_comb = tipo_pedido
MOVE FOR 0.2 MIN

Mp_metal TEMP_ENS_COS t_in_metal =
CLOCK( MIN)

WAIT UNTIL
(CONTENTS(TEMP_ENS_COS, Mp_tornilleria) >= 1)

t_in_tornillo =
ent_torn 1
Mp_metal Alistamiento_costado FIRST 1
t_esp_tornillo = t_in_metal - t_in_tornillo
tt_esp_tornillo = tt_esp_tornillo + t_esp_tornillo

tipo_ensamble_cos = tipo_pedido
cant_ensamble_cos = cantidad_pedido

Mp_metal Alistamiento_costado JOIN 1 Mp_tornilleria
WAIT N(1.993, 0.2936)

```

```

                                t_out_alis_cos =
CLOCK(MIN)

                                1
Costado      Cos_Actividad_1    FIRST 1
cantidad_pedido = cant_ensamble_cos

tipo_pedido = tipo_ensamble_cos

MOVE FOR 0.18 MIN

Costado      Cos_Actividad_1    t_in_act1_cos =
CLOCK(MIN)

                                t_espera_alist_cos =
t_in_act1_cos - t_out_alis_cos
                                Acum_espera_alist_cos =
Acum_espera_alist_cos + t_espera_alist_cos

                                WAIT N(1.824, 0.1212)

                                1
Costado      cc_1              FIRST 1
Costado      cc_1              t_out_act1_cos =
CLOCK(MIN)

                                1
Costado      Cos_Actividad_2    FIRST 1    MOVE FOR
0.16 MIN

Costado      Cos_Actividad_2    t_in_act2_cos =
CLOCK(MIN)

                                t_espera_act1_cos =
t_in_act2_cos - t_out_act1_cos
                                Acum_act1_cos =
Acum_act1_cos + t_espera_act1_cos

                                WAIT N(2.961, 0.1483)
                                1
Costado      cc_2              FIRST 1

```

```

Costado          cc_2          t_out_act2_cos =
CLOCK(MIN)

Costado          Cos_Actividad_3  FIRST 1      MOVE FOR      1
0.15 MIN

Costado          Cos_Actividad_3  t_in_act3_cos =
CLOCK(MIN)

t_in_act3_cos - t_out_act2_cos      t_espera_act2_cos =
Acum_act2_cos + t_espera_act2_cos  Acum_act2_cos =

WAIT N(0.7815, 0.03884)

Costado          cc_3          FIRST 1      1
Costado          cc_3          t_out_act3_cos =

Costado          Cos_Actividad_4  FIRST 1      MOVE FOR      1
0.16 MIN

Costado          Cos_Actividad_4  t_in_act4_cos =
CLOCK(MIN)

t_in_act4_cos - t_out_act3_cos      t_espera_act3_cos =
Acum_act3_cos + t_espera_act3_cos  Acum_act3_cos =

WAIT N(1.716, 0.09433)

Costado          cc_4          FIRST 1      1
Costado          cc_4          t_out_act4_cos =

t_op_celd_cos + (t_out_act4_cos - t_in_act1_cos)  t_op_celd_cos =

IF tipo_pedido = 2 THEN
{

```

```

ROUTE 1
}
ELSE
{
ROUTE 2
}

cant_cost = cant_cost +
1
Costado      Loc2
0.22 MIN    FIRST 1      MOVE FOR      1

Costado      Loc3
tipo_cos_comb = tipo_pedido  FIRST 1      2
MOVE FOR 0.22 MIN

Pedestal     Loc1
CLOCK(MIN)   t_in_loc1_ped =

t_in_loc1_ped - t_out_act5_ped    t_espera_act5_ped =
Acum_act5_ped + t_espera_act5_ped  Acum_act5_ped =

AS PT_pedestal      GROUP cantidad_pedido

PT_pedestal     Loc1      1
PT_pedestal     Almacen_Pt  FIRST 1
PT_pedestal     Almacen_Pt  JOIN 1 Pedido
Pedido          EXIT      1
Costado         Loc2      FIRST 1
CLOCK(MIN)      t_in_loc2_cos =

t_in_loc2_cos - t_out_act4_cos    t_espera_act4_cos =
Acum_act4_cos + t_espera_act4_cos  Acum_act4_cos =

AS PT_costado      GROUP cantidad_pedido

PT_costado      Loc2      1
PT_costado      Almacen_Pt  FIRST 1

```

```

PT_costado      Almacen_Pt      JOIN 1 Pedido
                WAIT 1 DAY          1
Pedido          EXIT
Costado         Loc3          FIRST 1
CLOCK(MIN)     t_in_loc3_cos =

                t_espera_act4_cos =
t_in_loc3_cos - t_out_act4_cos
                Acum_act4_cos =
Acum_act4_cos + t_espera_act4_cos

                GROUP (cantidad_pedido/

2) AS Combinado

Pedestal        Loc3          t_in_loc3_ped =
CLOCK(MIN)

                t_espera_act5_ped =
t_in_loc3_ped - t_out_act5_ped
                Acum_act5_ped =
Acum_act5_ped + t_espera_act5_ped

                GROUP (cantidad_pedido/

2) AS Combinado
Combinado       Loc3          1
Combinado       Almacen_Pt    FIRST 1
Combinado       Almacen_Pt    MATCH cantidad_pedido
                JOIN 1 Pedido
                WAIT 1 DAY          1
Pedido          EXIT          FIRST 1

```

```

*****
*****
*                               Arrivals
*
*****
*****

```

Entity	Location	Qty	Each	First	Time	Occurrences
Frequency	Logic					
Pedido	Oficinas	1		0	inf	4 HR
Mp_metal	Almacen_Mp	2000		0	inf	192
HR						
Mp_madera	Almacen_Mp	500		0	INF	192
HR						

```

*****

```

```

*****
*                                     Attributes
*
*****
*****

```

ID	Type	Classification
#		
#1 = pedestal		
#2 = costado		
#3 = combinado		
#		
tipo_pedido	Integer	Entity
cantidad_pedido	Integer	Entity
t_in_alis_ped	Real	Entity
t_out_alis_ped	Real	Entity
t_out_act1_ped	Real	Entity
t_in_act2_ped	Real	Entity
t_out_act2_ped	Real	Entity
t_in_act3_ped	Real	Entity
t_out_act3_ped	Real	Entity
t_in_act4_ped	Real	Entity
t_out_act4_ped	Real	Entity
t_in_act5_ped	Real	Entity
t_out_alis_cos	Real	Entity
t_in_act1_cos	Real	Entity
t_out_act1_cos	Real	Entity
t_in_act2_cos	Real	Entity
t_out_act2_cos	Real	Entity
t_in_act3_cos	Real	Entity
t_out_act3_cos	Real	Entity
t_in_act4_cos	Real	Entity
tipo_grupo	Integer	Entity
t_in_act1_ped	Real	Entity
t_in_loc1_ped	Real	Entity
t_in_loc3_ped	Real	Entity
t_in_loc2_cos	Real	Entity
t_in_loc3_cos	Real	Entity
t_out_act4_cos	Real	Entity
t_out_act5_ped	Real	Entity
#		
#Entrada a Temporal ensamble		
t_in_tornillo	Real	Entity
#		
#Entrada a Temporal ensamble		
t_in_madera	Real	Entity
#		
#Entrada a Temporal ensamble		
t_in_metal	Real	Entity
t_in_alist_cost	Real	Entity
t_in_alist_ped	Real	Entity

```

t_out_alist_cost Real      Entity
t_out_alist_ped  Real      Entity

```

```

*****
*****
*                               Variables (global)
*
*****
*****

```

ID	Type	Initial value	Stats
tipo	Integer	0	Time
Series			
cant	Integer	0	Time
Series			
pedidos	Integer	0	Time
Series			
<u>cant_ensamble_ped</u>	Integer	0	Time
Series			
<u>cant_ensamble_cos</u>	Integer	0	Time
Series			
<u>tipo_ensamble_ped</u>	Integer	0	Time
Series			
<u>tipo_ensamble_cos</u>	Integer	0	Time
Series			
<u>tipo_cos_comb</u>	Integer	0	Time
Series			
<u>tipo_ped_comb</u>	Integer	0	Time
Series			
#			
#bloqueo alistamiento			
<u>t_espera_alist_ped</u>	Real	0	Time
Series			
#			
#bloqueo alistamiento			
<u>Acum_espera_alist_ped</u>	Real	0	Time
Series			
#			
#Total bloqueos			
<u>Porcentaje_espera_ped</u>	Real	0	Time
Series			
<u>t_espera_act2_ped</u>	Real	0	Time
Series			
<u>Acum_act2_ped</u>	Real	0	Time
Series			
<u>t_espera_act3_ped</u>	Real	0	Time
Series			
<u>Acum_act3_ped</u>	Real	0	Time
Series			

<u>t_espera_act4_ped</u>	Real	0	Time
Series			
<u>Acum_act4_ped</u>	Real	0	Time
Series			
<u>t_espera_act5_ped</u>	Real	0	Time
Series			
<u>Acum_act5_ped</u>	Real	0	Time
Series			
<u>t_espera_act1_cos</u>	Real	0	Time
Series			
<u>Acum_act1_cos</u>	Real	0	Time
Series			
<u>t_espera_act2_cos</u>	Real	0	Time
Series			
<u>Acum_act2_cos</u>	Real	0	Time
Series			
<u>t_espera_act3_cos</u>	Real	0	Time
Series			
<u>Acum_act3_cos</u>	Real	0	Time
Series			
<u>t_espera_act4_cos</u>	Real	0	Time
Series			
<u>Acum_act4_cos</u>	Real	0	Time
Series			
<u>Porcentaje_espera_cos</u>	Real	0	Time
Series			
<u>t_espera_alist_cos</u>	Real	0	Time
Series			
<u>Acum_espera_alist_cos</u>	Real	0	Time
Series			
<u>t_espera_act1_ped</u>	Real	0	Time
Series			
<u>Acum_act1_ped</u>	Real	0	Time
Series			
<u>t_op_celd_ped</u>	Real	0	Time
Series			
<u>t_op_celd_cos</u>	Real	0	Time
Series			
<u>t_esp_madera</u>	Real	0	Time
Series			
<u>t_esp_tornillo</u>	Real	0	Time
Series			
<u>tt_esp_tornillo</u>	Real	0	Time
Series			
<u>tt_esp_madera</u>	Real	0	Time
Series			
<u>t_promedio_esp_madera</u>	Real	0	Time
Series			
<u>t_promedio_esp_tornillo</u>	Real	0	Time
Series			
<u>t_espera_mat_cost</u>	Real	0	Time
Series			

```

tt_espera_mat_ped      Real      0      Time
Series
cant_ped              Integer   0      Time
Series
cant_cost            Integer   0      Time
Series
cant_mad             Integer   0      Time
Series
ent_mad              Real      0      Time
Series
ent_torn            Real      0      Time
Series

```

```

*****
*****
*
*                               User Distributions
*
*
*****
*****

```

ID	Type	Cumulative	Percentage	Value
<u>Tipo_Producto</u>	Discrete	No	30	2
			30	1
			40	3
<u>Cant_producir</u>	Discrete	No	10	20
			60	30
			30	40

Fuente: Autores